Sammlung Borntraeger Bd. 1

H. Morstatt

Einführung
in die
Pflanzenpathologie

Gebrüder Borntraeger Berlin

BOOKS

Sammlung Borntraeger Band I

Einführung in die Pflanzenpathologie

Ein Lehrbuch

für

Land- und Forstwirte, Gärtner und Biologen

IMPERIAL BUREAU OF MYCOLOGY
23 OCT. 1923

von

Dr. H. MORSTATT

Regierungsrat an der Biologischen Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft in Berlin-Dahlem

Mit 4 Abbildungen

CAB INTERNATIONAL
MYCOLOGICAL INSTITUTE
LIBRARY
IMI Books / MOR

Berlin

Verlag von Gebrüder Borntraeger

W 35 Schöneberger Ufer 12a

1923

Alle Rechte vorbehalten
Copyright 1923 by Gebrüder Borntraeger in Berlin

Druck von E. Buchbinder (H. Duske), Neuruppin

Made in Germany

IMPERIAL BUREAU OF MYCOLOGY
23 OCT. 1923

Vorwort

Nach Entstehung und herrschendem Gebrauch zerfällt die Pflanzenpathologie in zwei getrennte Arbeitsfelder, in dasjenige der angewandten Botanik und das der angewandten Entomologie. Hier soll nun der Versuch gemacht werden, sie einheitlich als ein eigenes Gebiet angewandter Biologie zusammenzufassen.

Die bestehende Zweiteilung hat ihren natürlichen Grund darin, daß die ätiologische Seite der Forschung bisher noch bei weitem überwiegt und daß diese sich nach der Vorbildung der Arbeitenden gewöhnlich eng auf eine der beiden Hilfswissenschaften, die Mykologie oder die Entomologie, zu beschränken pflegt.

Man beginnt aber jetzt allgemein einzusehen, daß eine solche Trennung auf die Dauer nicht aufrecht erhalten werden kann. Das Auftreten von Krankheiten wird nicht lediglich von einer Einzelursache oder einem Organismus hervorgerufen, sondern es ist gleichzeitig vom Zusammenwirken vieler anderer Bedingungen abhängig, deren Kenntnis oft wichtiger ist als diejenige der Hauptursache. Nichtparasitäre Krankheiten interessieren beide Disziplinen in gleichem Grade und die Fragen der Krankheitsüberträger und der kombinierten Bekämpfungsmethoden nötigen unmittelbar zur Zusammenarbeit und verlangen eine Beherrschung des Nachbargebietes. Schließlich versteht es sich auch von selbst und ist oft genug erörtert worden, daß eine angewandte Wissenschaft von so großer wirtschaftlicher Bedeutung nicht dauernd nur in der Form von Teilgebieten ihrer ganz verschiedenartigen Hilfsdisziplinen bestehen kann.

Die bisherigen Handbücher auf pflanzenpathologischem Gebiet sind sämtlich Spezialwerke, die nur dem einen oder anderen, mehr

theoretisch oder mehr praktisch gerichteten Bedürfnisse entsprechen. Der Pflanzenschutz hat aber an Umfang und Bedeutung so zugenommen, daß es für den einzelnen schwer wird, alle Teilgebiete zu übersehen.

Eine Übersicht über das Gesamtgebiet der Lehre von den Pflanzenkrankheiten, so wie man diese bei uns in Deutschland und in einigen anderen Ländern als Pflanzenpathologie bezeichnet, fehlt bisher. Sie ist nicht nur für den an den Pflanzenschutzstationen Tätigen ein Bedürfnis, der sich, von einer der Hilfsdisziplinen herkommend, unbeschadet seiner Spezialisierung in das Ganze einarbeiten muß, sondern auch als Grundlage für die endlich eingeleitete Ausdehnung des Unterrichtes im Pflanzenschutz.

Der neuere Ausbau des Pflanzenschutzes in Deutschland hat zu einer Unterscheidung von Pflanzenschutzforschung und Pflanzenschutzdienst geführt und dabei ist naturgemäß der letztere bevorzugt worden. Dies hat auch eine erfreuliche Ausdehnung des Unterrichtswesens mit sich gebracht, das aber zunächst nach Art der Fachschulbildung rein praktische Ziele der Schädlingskunde und -bekämpfung verfolgt. Einen allgemeinen Unterricht, der eine Ausbildung in Pflanzenpathologie als zusammenfassende Ergänzung der Sondergebiete zur Aufgabe hat, gibt es noch nicht. Auf die Dauer kann ihn die Pflanzenpathologie nicht entbehren, die als ein selbständig gewordener Zweig der angewandten Biologie diese Zusammenfassung zu ihrem eigenen Ausbau, zur Ausgleichung ihrer Einzelrichtungen und nicht zum wenigsten zur Aufdeckung der bisher vernachlässigten Teile ihres Aufgabenbereiches braucht. Nicht die Empirie, sondern die wissenschaftliche Forschung hat den modernen Pflanzenschutz begründet und diese bedarf des Unterrichts als Rückgrat, wenn sie erhalten bleiben soll. Der Pflanzenpathologe darf nicht nur Spezialist, sondern er muß auch allgemeiner Biologe sein, um dem heutigen Stand seiner Aufgaben und der Richtung des praktischen Pflanzenschutzes entsprechend den Problemen in ihrem weiteren Zusammenhang gerecht zu werden.

Als ein Versuch solcher Zusammenfassung soll das vorliegende Buch gewertet werden. Es verdankt seine Entstehung der Muße

der Kriegsgefangenschaft in Ägypten, welche — örtlich und zeitlich zwischen einem tropischen und einem europäischen Arbeitsfeld gelegen — dazu Zeit und Anregung bot. Daß manche Einzelheiten bei mehrfachen Anlässen Erwähnung finden, wird einem Unterrichtsbuch nicht als Nachteil angerechnet werden können. Schwerer wiegt wohl die manchmal ungleiche Behandlung des Stoffes, die aber abgesehen von persönlicher Bedingtheit ein Spiegelbild des bisher Erreichten ist und der sonstigen Literatur entspricht. Die zitierte Literatur ist so ausgewählt, daß sie zugleich die wichtigsten Schriften, mit denen der Pflanzenpathologe vertraut sein soll, aufführt.

Ostern 1923

H. MORSTATT

Inhaltsübersicht

Kapitel I

Die Erkennung der Pflanzenkrankheiten

1. Die Krankheitserscheinungen

Seite

Das Krankheitsbild als Symptomenkomplex. Die einzelnen Krankheitserscheinungen: Das Welken, die Verfärbung, das Absterben, Formveränderungen, Wunden, Ausscheidungen, Krankheitserreger als Symptome. Einteilung der Pflanzenkrankheiten . . . . . 1—12

2. Untersuchung und Beschreibung

Das Krankheitsbild. Feldbesichtigung: Krankheitserscheinungen und Umfang, Kulturverhältnisse, schädliche Organismen und anorganische Ursachen. Nachweis und Bestimmung der Parasiten, Züchten der Parasiten, Infektionsversuche. Bedingungen der Erkrankung. Histologische Grundlagen. Gesamtbeurteilung. Anordnung der Beschreibung . . . . . 12—18

Kapitel II

Krankheitslehre

1. Begriff und Wesen der Pflanzenkrankheiten

Begriff. Vorgänge. Krankheitserscheinung. Krankheitsbild und Verlauf. Grundlagen der Krankheiten, Ursachen und Bedingungen, Formen des Auftretens, Neuauftreten, Vererbung und Übertragung, Krankheitsüberträger . . . . . 19—29

2. Pathologische Pflanzenanatomie

Aufgaben. Pathologische Strukturen. Regressive Veränderungen: Degeneration, Nekrose, Zytolyse; Hemmungsbildungen: Hypoplasie. Progressive Veränderungen: Hypertrophie, Hyperplasie, Metaplasie. Spezielle pathologische Anatomie: Panaschierung, Etiolement, hyperhydrische Gewebe, Wundgewebe und Regeneration, Gallen: organoide und histioide Gallen . . . . . 30—37

3. Pathologische Pflanzenphysiologie

Abgrenzung und Aufgaben: physiologische Pathologie. Methodik der pathologischen Physiologie. Bedeutung der physiologischen Erforschung der Krankheiten bei physiologischen, nichtparasitären, parasitären Krankheiten. Allgemeine Probleme der pathologischen Physiologie: Konstitution, Prädisposition, Disposition und Immunität, Degeneration, Infektion, Intoxikationen . . . . . 37—60

Seite

Kapitel III

Die Ursachen der Pflanzenkrankheiten

1. Schädliche Organismen

Der Parasitismus; Symbiose, Saprophyten, Pseudoparasiten, Spezialisation, Überträger . . . . . 61—69

a) Pflanzen als Schädigungsursachen. 1. Algen. 2. Pilze: Lebensweise; Myxomyceten, Schizomyceten, Myxobakterien; Hyphomyceten: Sporen- und Fruchtkörperformen; Phykomyceten: Oomyceten, Zygomyceten; Eumyceten: Ascomyceten, Basidiomyceten; Fungi imperfecti. 3. Flechten. 4. Gefäßkryptogamen. 5. Blütenpflanzen . . . . . 69—87

b) Tiere als Krankheitserreger und Schädlinge. 1. Würmer. 2. Arthropoden: Milben; Insekten; Allgemeines; Ordnungen. 3. Wirbeltiere . . . . . 89—109

Anhang: Filtrierbare Vira als Krankheitsursachen . . 109—110

2. Unbelebte Krankheitsursachen

a) Witterungseinflüsse. 1. Feuchtigkeitsverhältnisse: Trockenheit, übermäßige Feuchtigkeit, einzelne Niederschlagsformen. 2. Temperaturverhältnisse: Kälte, Wärme. 3. Belichtung. 4. Wind. 5. Blitz . . . . . 110—120

b) Bodeneinflüsse. 1. Nährstoffverhältnisse: Einzelne Nährstoffe; Bodenreaktion. 2. Physikalische Bodenbeschaffenheit: Leichte und schwere Böden; Bodenerkrankungen; Beschränkter Bodenraum . . . . . 120—123

c) Chemische Einflüsse. 1. Rauchgase und Abwässer. 2. Düngemittel. 3. Pflanzenschutzmittel. . . . . 123—127

Kapitel IV

Pflanzenschutz

Hygiene und Therapie als Zweck der Pflanzenpathologie. Relative Beteiligung der verschiedenen Ursachen an den Schäden. Statistik im Pflanzenschutz. Privat- und volkswirtschaftliche Bedeutung. Entwicklungsrichtungen des Pflanzenschutzes . . . . . 128—132

Einteilung der Methoden. 1. Mechanische Verfahren. 2. Chemische Mittel und ihre Anwendungsformen. 3. Biologische Bekämpfung; Vogelschutz, räuberische Insekten, Schlupfwespen, Pilze und Bakterien. 4. Kulturmaßnahmen; verschiedene Bedeutung bei einzelnen Kulturen und Krankheiten; den Boden und die Pflanze betreffende Kulturmaßnahmen . . . . . 132—149

Sachregister . . . . . 150 ff.

Kapitel I

Die Erkennung der Pflanzenkrankheiten

I. Die Krankheitserscheinungen

Zur Kenntnis der Pflanzenkrankheiten gehört in erster Linie die Kenntnis der Krankheitserscheinungen oder Symptome, die zusammen das Krankheitsbild ausmachen. Dieses kann sowohl gleichzeitig als auch in seinem Verlauf ganz verschiedene Symptome umfassen. So zeigt sich z. B. die Reblauskrankheit in den sogen. Reblausherden als eine Gruppe erkrankter Stöcke, die im Gelbwerden des Laubes und schließlich Vertrocknen und Absterben das Bild einer schweren, vom Mittelpunkt nach außen fortschreitenden Chlorose bieten. Dabei findet man im Boden als die Ursache der oberirdischen Erscheinungen ein Absterben der feineren Wurzeln und eine Wurzelfäule, die sich bei genauerem Zusehen als auf der Fäulnis der durch die Saugtätigkeit der Reblaus hervorgerufenen Gallen, der Nodositäten, beruhend herausstellt; gleichzeitig können an den Blättern noch die Blattgallen auftreten. Das Krankheitsbild ist also ein Symptomenkomplex, an welchem wir Haupt- und Nebensymptome, Anfangs- und Folgeerscheinungen unterscheiden müssen. Dabei können von einer Krankheit gleichzeitig verschiedene Organe einer Pflanze befallen sein, auch ohne daß die einzelnen Symptome gegenseitig beeinflußt sind, wie außer dem angeführten Beispiel auch die Kraut- und Knollenfäule der Kartoffel zeigt. Den Wechsel der Erscheinungen im Verlauf einer Krankheit sehen wir u. a. an den Welkekrankheiten, bei denen das Welken der Blätter nur das erste Anzeichen einer sich meist in anderen Teilen der Pflanze abspielenden Störung ist, welche erst später andere Symptome am Stengel oder an der Wurzel zeitigt. Es kommt also darauf an, die verschiedenen Krankheitssymptome in ihrem Zusammenhang und Verlauf zu verfolgen, um daraus das Krankheits-

bild im Ganzen klarzustellen, aus dem sich die Ursachen und weiterhin die Bekämpfungsmöglichkeiten ergeben.

In der folgenden Übersicht sind die einzelnen Erscheinungen oder Symptome, in welchen sich die Krankheiten der Pflanzen äußern, zusammengestellt. Wir teilen sie ein in Welkeerscheinungen, Verfärbungen, Absterbeerscheinungen, Formveränderungen, Wunden und Ausscheidungen, wozu noch Krankheitserreger als Hauptsymptom von Krankheiten hinzukommen. Diese Krankheitserscheinungen beruhen teils im unzeitigen Eintritt physiologischer Vorgänge, die schon vom normalen Lebensgang der Pflanze her bekannt sind, teils in eigenartigen Reaktionen der Pflanze auf die Einwirkungen von parasitischen und anderen schädlichen Einflüssen, und zum Teil sind es auch postmortale Veränderungen, Vorgänge, die sich erst nach dem Tode der Zelle abspielen. Da ferner bei den Pflanzenkrankheiten der Erreger oder Parasit in vielen Fällen auffälliger als seine Einwirkung auf die Pflanze in Erscheinung tritt, kann er zum Hauptsymptom im Krankheitsbilde werden, das für die Erkennung der Krankheit zunächst charakteristisch ist. Auch die Beschädigungen, die man sonst vielfach in einem gewissen Gegensatz zu den Krankheiten stellt, sind hierbei mit eingeschlossen. Man pflegt davon auszugehen, daß sich die Pflanze bei Beschädigungen anscheinend rein passiv verhält, während beim Begriffe der Krankheit die Reaktion des leidenden Organismus im Vordergrund steht. Betrachten wir extreme Fälle, wie etwa einerseits den Fraß von Insekten und höheren Tieren an Blättern und anderseits die Wirkung einer im Innern der Pflanze wuchernden Pilzkrankheit, so erscheint der Gegensatz sehr auffällig; aber eine genauere Beobachtung der Wirkung auf die Pflanze kann auch hier schon Übereinstimmung ergeben. So wirkt eine pilzliche Blattfallkrankheit, deren Erreger nur in den Blättern haust, nicht anders auf den Organismus als ein Kahlfraß durch Insekten. Wir sehen also in dieser Frage, auf die wir an anderer Stelle noch zurückkommen, daß sich eine solche Trennung in der Gesamtbetrachtung nicht durchführen läßt, so bequem sie oft für eine Einteilung zu praktischeren Zwecken sein mag.

Wir legen unserer Einteilung den Anschluß an das normale Verhalten der Pflanze und die in ihr selbst sich abspielenden Vorgänge zugrunde. Dabei unterscheiden wir zunächst drei Vor-

gänge, das Welken, die Verfärbung und das Absterben, welche wir auch schon beim normalen Absterben der Pflanze beobachten und deren verschiedene Grade sich von normalen physiologischen Erscheinungen ausgehend abstufen. Weiterhin folgt die Formveränderung, bei welcher nicht eine Gefährdung des Lebens überhaupt im Vordergrund steht, sondern ein anders gerichteter Verlauf der Wachstumsvorgänge, demzufolge sich das Äußere der Pflanze ändert. Aber auch hier schließen sich die pathologischen noch vielfach an normale physiologische Vorgänge an und lassen sich nicht immer scharfe Grenzen ziehen. Mit den Wunden gelangen wir zu pathologischen Veränderungen, bei denen die Pflanze überwiegend passiv erscheint, aber auch hier kann die Reaktion der Pflanze auf die von außen wirkende Schädigung nicht getrennt von dieser behandelt werden. Daran schließen sich die Ausscheidungen, die teils als Folgeerscheinung von Wunden, teils als innere Störung der Zellentätigkeit zustandekommen und ebenfalls noch manche Beziehungen zu normalen Vorgängen aufweisen. Nur die letzte Gruppe richtet sich nicht nach dem Verhalten der Pflanze, sondern nach den Parasiten, die als wesentlicher Teil des Krankheitsbildes und wegen ihrer diagnostischen Bedeutung hier berücksichtigt werden mußten.

Übersicht über die Krankheitserscheinungen der Pflanzen

1. Welkeerscheinungen beruhen auf unzureichendem Turgordruck (gesteigerte Verdunstung, ungenügende Wasserzufuhr) und treten häufig als sogen. Welkekrankheiten auf, denen Erkrankungen der Gefäße zugrundeliegen (Welkekrankheit der Kartoffeln, Erbsen, Kürbisgewächse). In anderen Fällen handelt es sich um Wurzel- oder Stengelfäulen, welche die Wasserzufuhr zu den Blättern unterbinden (Keimlingsfäulen und Fußkrankheiten der Kräuter, Rübenmüdigkeit) oder um klimatische Störungen (Hitze, Trockenheit, Frost).

2. Verfärbungen sind das häufigste Symptom bei Pflanzenkrankheiten und eine Folge von Veränderungen des Zellinhalts oder des Absterbens der Zellen. Vielfach sind auch postmortale Vorgänge daran beteiligt, z. B. bei Rotfärbungen absterbender Blätter.

a) Zu den Verfärbungen von grünen Pflanzenteilen gehört das Gelbwerden in seinen verschiedenen Formen, das durch Abnahme des Chlorophyllgehaltes entsteht. Die Ursachen können ver-

schiedener Art sein, so beim Etiolieren der Mangel an Licht, bei der Chlorose oder Gelbsucht der Mangel an Eisen im Boden oder Ernährungsstörungen in der Wurzel- oder Blattätigkeit. Stoffwechselstörungen, die zum Teil noch nicht näher bekannt sind, liegen der übertragbaren Gelbsucht und den Verfärbungen bei Mosaikkrankheiten zugrunde. Auch bei Rauchschäden und der Saugtätigkeit von Insekten und Milben kommt es zu Gelbfärbungen. Statt der Gelbfärbung tritt bei manchen Pflanzen Rotfärbung ein (Getreidearten, Weinrebe, Hopfen). Bei stärkeren Störungen des Chlorophyllapparates geht die gelbliche Färbung in Weiß über, so bei der Taubährigkeit und Weißährigkeit. Eine Weißfärbung durch Abhebung der Oberhaut ist der Milchglanz oder Bleiglanz der Obstbäume, der, wie sich herausgestellt hat, von einem im Holz lebenden Pilz herrührt.

Das Absterben des Laubes durch Vertrocknen ist dagegen von brauner Verfärbung begleitet. Zu diesen Verfärbungen sind auch noch die als Buntfärbung und Panaschierung bekannten Erscheinungen zu rechnen.

b) Als Flecke werden örtlich begrenzte Verfärbungen zusammengefaßt, die an den verschiedensten Organen auftreten und durch Lokalisation, Farbe und Form, häufig auch durch besondere Abgrenzung charakterisiert sind. In der Hauptsache entstehen sie durch begrenztes Wachstum von Pilzen; dazu gehören die zahlreichen Blattfleckenkrankheiten, auch Streifenkrankheit und Nervenfleckigkeit. Andere Flecke entstehen durch saugende Insekten, durch Hagel und andere Verletzungen und durch Sonnenbrand.

Besondere Arten von Fleckenbildungen sind die tiefer eindringenden Gewebezerstörungen, die man als Brenner bezeichnet (Brennfleckenkrankheit der Bohnen, Anthraknose der Reben); der Rindenbrand, eine Zerstörung innerer Rindenschichten und Einsinken der Oberfläche (Pilze, Frostwirkungen, Sonnenbrand); die als Schorf bezeichneten Wurzel- und Knollenflecken, die meist mit Korkwucherungen verbunden sind; und innere Trockenflecken in Früchten und Knollen (Stippflecken, Eisenfleckigkeit).

3. Absterbeerscheinungen schließen sich eng an das Welken und die Verfärbungen an. Dabei treten letztere Erscheinungen aber nur als kurzes Übergangsstadium auf und das Absterben bezieht sich immer auf ganze Organe oder schreitet unbegrenzt fort.

Neben dem Abwerfen von Organen gehören hierher die Dürren und die Fäulen.

a) Vorzeitiges Abfallen von Blättern, Blüten und Früchten kommt durch Ausbildung der Trennungschicht infolge von stärkeren Stoffwechselstörungen zustande. Die Ursachen sind teils Witterungseinflüsse, besonders Hitze und Trockenheit des Bodens, teils starke Schädigungen durch Pilze und Insekten (Blattfallkrankheiten).

b) Dürre ist das Absterben von Pflanzen oder Pflanzenteilen durch Vertrocknung bei gleichzeitiger Braunfärbung und meist eine Folge von Hitze und Trockenheit oder Parasiten. Die Grasarten vertrocknen, ohne das Laub abzuwerfen; andere Arten von Dürre sind Blattdürre und Blattranddürre (Wind, Nährstoffmangel, Rauchschäden), Vertrocknen von Blütenständen, Spitzendürre und Zweigsterben. Das Absterben durch Dürre infolge von Pilzbefall entspricht in seinem Vorgang den Fäulen und kann daher auch als Trockenfäule aufgefaßt werden.

c) Die Fäulen sind gegenüber dem einfachen Verdorren Gewebszerstörungen durch parasitische und saprophytische Bakterien und Pilze, welche sich von der Infektionsstelle aus unbegrenzt verbreiten. Nach dem hauptsächlich durch die äußeren Umstände bedingten Verlauf unterscheidet man Naß- und Trockenfäulen. Als Fäule verläuft die Mehrzahl der Bakterienkrankheiten der Pflanzen. Da die Fäulen meist auf bestimmte Organe beschränkt sind, lassen sie sich nach diesen in die folgenden Gruppen einteilen.

Die Fäulen grüner Pflanzenteile umfassen Keimpflanzen-, Stengelgrund-, allgemeine Sproßfäulen und Knospen- und Blütenfäulen. Wichtige Krankheiten dieser Art sind insbesondere die Fußkrankheiten einjähriger Gewächse, darunter die Schwarzbeinigkeit der Kartoffel, die Kartoffelkrautfäule, die Herzfäule der Rüben und in ihrem ersten Stadium die Moniliakrankheit der Steinobstbäume.

Zu den Wurzelfäulen gehören u. a. der Wurzelbrand der Rüben, die Reblauskrankheit und die Wurzelfäulen der Bäume, die teils durch echte Parasiten, teils durch Schwächeparasiten (z. B. Hallimasch) verursacht werden.

Die Holzfäulen treten meist als Trockenfäulen auf und sind teilweise auf das Kernholz beschränkt. Sie können ungemein langsam verlaufen und werden oft erst durch das Auftreten der Fruchtkörper der betreffenden Pilze (Löcherschwämme) bemerklich.

Zu dieser Gruppe sind auch noch die auf die Rinde beschränkten Rindenfäulen zu rechnen.

Als Fäulen fleischiger Pflanzenteile werden die Knollen-, Rhizom- und Zwiebelfäulen und die Samen und Fruchtfäulen zusammengefaßt. Es sind meist Naßfäulen, die in einzelnen Fällen auch aufwärts oder abwärts auf andere Teile der Pflanze übergreifen. Aus dieser Gruppe sind die Knollenfäule der Kartoffeln, die Rübenschwanzfäule, der Rotz der Hyazinthen und die verschiedenartigen, durch Monilia- und Botrytisarten verursachten Obstfäulen besonders zu erwähnen.

4. Zu den Formveränderungen rechnen wir alle diejenigen pathologischen Erscheinungen, welche in einer Abweichung von der normalen Gestalt oder Größe der Zellen, der Gewebe, einzelner Organe oder der ganzen Pflanze bestehen. Es finden sich also hier nicht nur sehr zahlreiche und verschiedenartige, sondern auch aus ganz verschiedenen inneren und äußeren Ursachen entstandene Bildungen zusammen. Nur die durch rein mechanische Wirkung entstehenden Wunden und ihre Folgeerscheinungen sind als besondere Gruppe abgetrennt.

Den Anfang bilden auch hier wieder Veränderungen, die sich direkt an normale Wachstumsreaktionen der Pflanze auf äußere Einflüsse anschließen und nur in extremen Fällen den Eindruck von Krankheiten machen. Hierher gehört der Zwergwuchs oder Nanismus, eine Folge allgemeinen Nährstoffmangels, die von manchen Unkräutern auf ungünstigem Boden allgemein bekannt ist und bei den japanischen Zwergbäumen künstlich hervorgerufen wird. Eine ähnliche Wachstumsreaktion im Habitus der Pflanzen sind der Windwuchs und die Schattenformen, die wir regelmäßig an Bäumen beobachten.

Einfache Formveränderungen einzelner Organe sind auch die Blattrollung, die als Blattrollkrankheit der Kartoffel eine bekannte Stoffwechselkrankheit und meist mit rötlicher Verfärbung der Blätter verbunden ist, und die Kräuselung und Verkrümmung der Blätter. Die letzteren Erscheinungen hängen meist schon mit Verdickungen der Gewebe zusammen und fallen dann bereits unter die gleich zu besprechenden Gallen.

Abnorme Ausbildung einzelner Gewebe liegt der Verkümmerung, der Wucherung und dem Etiolement zugrunde. Als Verküm-

merung beruht sie auf mangelhafter Ausbildung von Geweben infolge von Parasitenbefall, wie z. B. bei der von *Aecidium euphorbiæ* befallenen *Euphorbia cyparissias* oder bei der Rübenmüdigkeit infolge von Wurzelälchenbefall. Auf einzelne Organe beschränkt bleibt sie bei der Taubährigkeit des Getreides und ähnlichen, durch Pilze oder Tiere verursachten Krankheiten, bei der Stockkrankheit des Getreides und bei dem Kleinbleiben von Obstfrüchten. Von den auf vermehrter Zellbildung beruhenden Wucherungen gehören hierher die sogenannten hyperhydrischen Gewebe von Bäumen und Sträuchern, die als Wassersucht oder Oedem bekannt sind, die Lentizellen- und Korkwucherungen (z. B. der Kartoffel) und die Lohkrankheit der Obstbäume. Ihnen ähnlich sind die bei den Wunden zu besprechenden Wucherungen der Kallusbildung. Die übrigen Wucherungen gehören als parasitische Erscheinungen zu den Gallen. Ein treffendes Beispiel für das Zusammentreffen verschiedener Symptome in einem Krankheitsbild ist das Etiolement durch Lichtmangel; es besteht zugleich im Vergilben der Pflanze, in abnormem Längenwachstum der Internodien, im Kleinbleiben der Blätter und in verkümmerter Gewebedifferenzierung. Letztere ist auch die Ursache des Lagerns des Getreides.

Die Mißbildungen oder Bildungsabweichungen sind Gegenstand eines besonderen Zweiges der Botanik, der Teratologie. Es sind meist aus inneren Ursachen und ohne Einwirkung von Parasiten in veränderter Form angelegte Organe. Ihre wirtschaftliche Bedeutung ist ganz gering. Wir erwähnen daher nur die verschiedenen Arten der Mißbildung, die man als Verbänderung (Fasziation), Zwangsdrehung (Torsion), Durchwachsung, Pelorien und Vergrünung oder Verlaubung bezeichnet.

Unter Neubildungen versteht man das Entstehen von Geweben und Organen, welche im normalen Wachstumsverlauf nicht gebildet werden, während die Mißbildungen nur die Umänderung normalerweiser vorhandener Organe umfassen. Zu den Neubildungen gehören die vermehrte Knospenbildung und die Gallen. Abnorme Knospenbildung, die im Gegensatz zu den zu den Gallen zu rechnenden Fällen nicht durch Parasiten verursacht ist, tritt als Knospensucht oder Zweigsucht, als Rosettentriebe und als Kropfmaserbildung auf. Die Ursachen sind hier meist die Vernichtung der normalen Knospen durch Hagel oder Tierfraß, teilweise aber

auch innere Wachstumsstörungen. Die weitaus größte Zahl der Neubildungen sind dagegen Gallen. Unter Gallen oder Zezidien[1]) versteht man Neubildungen, die von fremden Organismen, meist echten Parasiten verursacht sind und diesen zugleich zur Nahrung dienen. Als Gallenerzeuger kommen Bakterien, Pilze und Tiere in Betracht; unter den letzteren sind die Älchen, Milben und Insekten wichtig. Ein Teil der Gallen besteht in der Veränderung oder Neubildung von ganzen Organen der Pflanze, wie z. B. die Hexenbesen und Wirrzöpfe durch übermäßige Knospenbildung zustande kommen. Die Mehrzahl der Gallen entsteht dagegen durch Gewebewucherungen an einzelnen Organen. Man unterscheidet dabei Abnormitäten der Haarbildung, die Erineum- oder Haarfilzgallen; solche des Flächenwachstums, die Blattrollungs- und Blattfaltungsgallen, Beutelgallen, wie die Kräuselkrankheit des Pfirsichs und sehr viele Blattlausgallen; endlich solche des Dickenwachstums, wie die Krebsgallen, Umwallungs- und Markgallen. Die letztere Gruppe enthält viele wichtige Krankheiten, darunter die durch Bakterien verursachten Krebsknoten und ähnliche Bildungen, die Kohlhernie, den Kartoffelkrebs, den Apfelbaumkrebs, die Knospen- und Stengelgallen, den Beulenbrand des Maises usw.

5. Die Wunden sind passive mechanische Verletzungen, die mit Gewebetrennung oder Gewebsverlust verbunden sind. Dazu gehören aber auch die Folgeerscheinungen der Verwundung, die Verwachsung und Regeneration. Eine große praktische Bedeutung kommt dieser Gruppe deshalb zu, weil sie den ganzen Tierfraß umfaßt. Hierher gehören also neben einem Teil der Schäden durch parasitische Tiere alle Beschädigungen durch pflanzenfressende Tiere, die man sonst den eigentlichen Krankheiten der Pflanzen gegenüberstellt. Da die Fraßformen meist für bestimmte Tiere (Wild, Käfer, Raupen usw.) charakteristisch sind, ist ihre Kenntnis zur Feststellung der Schädlinge notwendig. Wir unterscheiden 1. Fraßschäden kauender Tiere, wozu unter den Insekten Heuschrecken, viele Käfer und ihre Larven, Blattwespenlarven und Schmetterlingsraupen gehören, 2. Nagefraß und Schabefraß größerer oder kleiner Tiere, der nur flache Wunden verursacht, 3. Schäden saugender Insekten, deren Folgen meist in anderen, schon früher erwähnten

[1]) Vgl. E. Küster, Die Gallen der Pflanzen, Jena 1911.

Symptomen sich äußern und 4. Bohr- und Minierfraß im Innern von Pflanzenteilen, an dem Käfer und ihre Larven, z. B. die Borkenkäfer, Sägewespen, Raupen von Groß- und Kleinschmetterlingen und Fliegenmaden beteiligt sind.

Als nicht durch Tiere verursachte Wunden sind die Hagelschlagwunden, Frostspalten und Blitzschäden zu erwähnen. Umwallungsvorgänge liegen den Maserknollen und zum Teil auch den Krebswunden der Bäume zugrunde.

6. Die Ausscheidungen hängen zum Teil mit Wunden zusammen, wie das Tränen der Reben und der Schleimfluß der Bäume, der durch die Ansiedlung von ihn vielfach färbenden Bakterien und Pilzen charakterisiert ist. Andere Ausscheidungen sind der seltene echte Honigtau, eine Stoffwechselstörung, die von dem gewöhnlichen Honigtau, welcher eine Ausscheidung von Pflanzenläusen ist, unterschieden werden muß, und der Gummi- und Harzfluß, welche unter Auflösung von Zellen zustandekommen.

7. Als letzte Gruppe von Krankheitssymptomen müssen, wie oben erwähnt, die Krankheitserreger selbst aufgeführt werden, soweit sie das auffälligste oder einzige äußere Anzeichen der Erkrankung sind. Hierher gehören hauptsächlich Pflanzen in allen Abstufungen des Parasitismus und eine Anzahl von kleinen Insekten. Nach der Lebensweise und Erscheinungsform der Erreger lassen sich hier Epiphyten, epiphytische Parasiten und Fruchtformen und Dauerzustände von Pilzen unterscheiden.

Nichtparasitische Epiphyten sind, neben den als Anzeichen ungünstigen Standortes zu erwähnenden Moosen und Flechten die Rußtaupilze und ein Teil der Schwärzepilze.

Parasitische Epiphyten, wozu auch Halbparasiten, wie Mistel und Kleeseide gehören, sind die auf Wurzeln schmarotzenden Orobanchen (Hanfwürger) und *Monotropa* (Fichtenspargel), und von den Pilzen die echten Mehltaupilze (wichtigste Arten an Getreide, Reben, Stachelbeeren, Eichen). Auch die dunkelvioletten Überzüge des Wurzeltöters der Luzerne sind hier zu erwähnen. Von den Insekten können Blattläuse, Schildläuse und Mottenschildläuse hierher gerechnet werden.

Bei vielen im Innern der Pflanzen lebenden Pilzen kommt es zur Bildung auffälliger Sporenträger oder Fruchtkörper auf der Oberfläche. So erscheinen die Konidienträger der falschen Mehl-

taupilze als weißer Rasen (*Peronospora*, *Phytophthora*, *Plasmopara*), die Sporenlager des Fusikladiums als grünlichschwarze Flecken und Pusteln, die Sporenmassen der Brandpilze als dunkelgefärbte, stäubende Massen. Der feine Überzug des Schneeschimmels besteht dagegen aus oberflächlichem Myzel und Konidien. Große Fruchtkörper bilden die im Holz der Stämme und Wurzeln lebenden Pilze, wie *Polyporus-* und *Agaricus*-Arten (Hallimasch); von kleinen Fruchtkörpern sind noch diejenigen der Rostpustelkrankheit (*Nectria cinnabarina*) an Bäumen und Sträuchern zu erwähnen. Dauerzustände sind die Sklerotien des Mutterkorns und des Kleekrebses; auch die von manchen Pilzen gebildeten Myzelstränge (Rhizomorphen).

Hiermit haben wir einen Überblick über die vielseitigen Erscheinungsformen gewonnen, unter denen uns die Krankheiten der Pflanzen entgegentreten. Ihre Kenntnis ist die erste Vorbedingung für die Feststellung und Abgrenzung des Krankheitsbildes im Einzelfalle, aus dem sich dann weiterhin Ursachen und mögliche Methoden der Bekämpfung erschließen lassen. Zugleich ist damit schon eine gewisse Einteilung der Krankheiten selbst gegeben, die nicht von den von außen wirkenden Einflüssen, sondern von den Veränderungen des normalen Verhaltens ausgeht und so einer wissenschaftlichen Einteilung am nächsten kommt. Ganz rein läßt sich eine solche nicht durchführen, da sie an Stelle der äußeren Symptome von den grundlegenden zellularpathologischen Vorgängen ausgehen müßte und dadurch ein System ergeben würde, das die äußeren Erscheinungen vernachlässigen müßte und eine so genaue Kenntnis der Krankheiten voraussetzen würde, wie sie erst durch eingehendste Untersuchung erworben werden kann und zurzeit überhaupt in vielen Fällen noch nicht vorhanden ist. Daher bleibt die Zusammenstellung der augenfälligen Symptome die zweckmäßigste Einführung in die Gesamtheit der Krankheiten.

Die Frage der Einteilung der Pflanzenkrankheiten hat bisher keine einheitliche Lösung gefunden. Es kommt dabei auf den Zweck an, den man verfolgt, und dementsprechend werden den einzelnen Darstellungen der Pflanzenkrankheiten mit Recht verschiedene Prinzipien zugrunde gelegt.

Am bekanntesten ist die Einteilung nach den Erregern und Ursachen der Krankheiten, die z. B. in dem SORAUERschen Handbuch durchgeführt ist. Sie schließt sich an die ursprüngliche Unterscheidung von Krankheiten und Beschädigungen an und bringt auch im wesentlichen gleiche Krankheitsbilder und gleiche Bekämpfungsmethoden zusammen. Die Berechtigung dieser Einteilung in nichtparasitäre Krankheiten, pflanzliche Feinde und tierische Schädlinge, die wir im 3. Kapitel kennen lernen werden, liegt darin, daß bei den Pflanzenkrankheiten die Anwesenheit und Gestalt des Erregers, wie erwähnt, sehr häufig für das Krankheitsbild charakteristisch ist und daß zugleich die beste Bekämpfung vieler Krankheiten in einer Bekämpfung des Erregers besteht. Damit hängt der Umstand zusammen, daß die Erforschung der Krankheiten in den überwiegenden Fällen, wo sie durch Parasiten verursacht sind, zunächst und vorwiegend die beiden Disziplinen der Botanik und Zoologie beschäftigt, was bisher der zusammenfassenden Behandlung der Pflanzenkrankheiten im Wege stand. Der Nachteil dieser Einteilungsweise liegt denn auch darin, daß sie die kranke Pflanze selbst nicht berücksichtigt und so die Erforschung der eigentlichen Krankheitsvorgänge gehemmt hat. Dadurch treten auch die praktisch meist entscheidenden Nebenumstände und Vorbedingungen der Erkrankung völlig in den Hintergrund und es wird eine einseitige Auffassung von ausschließlicher Bedeutung der Erreger begünstigt. Die neuere Erforschung des Zusammenwirkens verschiedener Umstände bei den Krankheiten und einiger wichtiger, ätiologisch ungeklärter Krankheiten, sowie die Notwendigkeit gleichzeitiger Bekämpfung von Pilzen und Insekten wirkt denn auch mehr und mehr dieser einseitig nach Erregern trennenden Behandlung entgegen.

Der eigentlichen praktischen Feststellung und Bestimmung von Krankheiten einzelner Kulturpflanzen wird die ätiologische Einteilung ebenfalls nicht völlig gerecht. Daher wird zu diesem Zweck die Einteilung nach den befallenen Pflanzenorganen, nach Wurzel, Stamm, Blatt, Blüte und Frucht zugrunde gelegt, die z. B. in KIRCHNERS bekanntem Handbuch „Die Krankheiten der landwirtschaftlichen Kulturpflanzen“ [1]) durchgeführt ist. Über die Krankheiten einer bestimmten Pflanze gibt diese Einteilung den besten Überblick und

[1]) 2. Aufl., Stuttgart, E. Ulmer, 1906.

ist daher die einzig brauchbare für die Praxis des Pflanzenschutzes, doch läßt sie sich für eine allgemeine Zusammenfassung der Krankheiten aller Pflanzen ebenfalls nicht verwenden, da die Pflanzenorgane zu wenig spezialisiert sind, um jeweils besonderen Krankheiten zu unterliegen. Denn Stengel und Blatt oder Leitungs- und Assimilationsgewebe sind in zu wenigen Fällen der ausschließliche Ausgangspunkt der Krankheiten, und viele Pilze durchziehen die ganze Pflanze vom Samenkorn bis zur Blüte. Auch die Mannigfaltigkeit der Symptome bei der einzelnen Krankheit spricht gegen den allgemeinen Gebrauch dieser Einteilung, obgleich auch hier wieder einzelne Gruppen, wie manche Blattkrankheiten oder Wurzelkrankheiten, eine natürliche Zusammengehörigkeit zeigen und den gleichen Gegenmaßnahmen zugänglich sind.

Andere Einteilungen, die man versucht hat, lassen überhaupt nur einzelne Gruppen von Krankheiten zusammenfassen und versagen gegenüber dem Gesamtgebiet. So kann man z. B. Krankheiten bestimmter Alters- oder Entwicklungsstadien, wie die Keimlingskrankheiten oder die Jugendkrankheiten der Bäume für gewisse Zwecke vergleichender Betrachtung zusammenfassen, aber ein derartiges Prinzip nicht durchweg auf alle Krankheiten anwenden.

2. Untersuchung und Beschreibung

Die Feststellung und Unterscheidung der Krankheiten geschieht auf Grund des Krankheitsbildes, das sich aus verschiedenen äußeren Erscheinungen zusammensetzt und auf Veränderungen in den Geweben und deren Funktionen beruht, welche wiederum durch bestimmte Ursachen oder die Einwirkung fremder Organismen, der Krankheitserreger, hervorgerufen sind.

Die Untersuchung hat also zunächst Krankheitsbild und Krankheitsverlauf festzustellen und dabei nötigenfalls auf die anatomischen und physiologischen Veränderungen einzugehen. Sodann hat sie die Ursachen der Erkrankung bezw. die Schadenserreger oder Parasiten in ihrer Bedeutung für die Krankheit zu ermitteln. Liegen schädliche Organismen aus dem Pflanzen- oder Tierreiche, hauptsächlich Bakterien, Pilze oder Insekten vor, so ist deren Entwicklungsgang (Biologie) und Lebensweise (Ökologie) zu erforschen. Schließlich müssen noch die Begleitumstände und Bedingungen, die beim Eintreten der Erkrankung mitwirken, klargelegt werden. Erst auf einer

dadurch gewonnenen genauen Kenntnis der Krankheit kann sich die Auswahl geeigneter Bekämpfungsmethoden und die Vorbeugung gegen die Erkrankung aufbauen.

Demgemäß zerfällt die Untersuchung der Krankheiten in die Feldbesichtigung und die eigentliche Untersuchung im Laboratorium, an welche sich je nach der Lage des Falles Kultur- und Zuchtversuche mit der Pflanze oder den Krankheitserregern im Gewächshaus und im Freien anschließen.

Die Feldbesichtigung stellt zunächst das äußere Krankheitsbild fest. Hierzu gehören die einzelnen Symptome einer Krankheit, wobei alle Organe der Pflanze zu berücksichtigen sind und Anfangsstadien, weiterer Verlauf und Endstadium verfolgt werden müssen, um die für die vorliegende Krankheit charakteristischen Erscheinungen klarzulegen. Zur Feldbesichtigung gehört auch der genaue Vergleich mit gesunden Pflanzen oder anderen Sorten, Ermittelung von Zeitdauer, Umfang und Stärke der Erkrankung und Größe des durch sie hervorgerufenen Schadens. Außerdem sind zugleich die Standortsverhältnisse, wie Boden, Klima und Witterungsverlauf, und die Kulturmethoden, wie Bodenbearbeitung, Düngung, Fruchtfolge, Pflanzweite, Schnitt usw. zu berücksichtigen, da alle diese Bedingungen des Pflanzenwachstums, wenn sie den Ansprüchen der Pflanze nicht entsprechen, entweder direkt Krankheiten hervorrufen oder deren Auftreten mittelbar begünstigen können.

Aus dem Krankheitsbild selbst oder aus der Beobachtung der Gesamtumstände ergibt sich dann meist schon an Ort und Stelle die Ursache der Krankheit. Am einfachsten ist sie erkennbar, wo tierische oder pflanzliche Krankheitserreger und Schädlinge vorliegen, wenn diese entweder selbst an der Pflanze und auf dem Felde vorgefunden werden oder aus charakteristischen Krankheitszeichen und sonstigen Erscheinungen erschlossen werden können. Aus der Kenntnis der Lebensweise der schädlichen Tiere ergibt sich, welche Arten bei einer bestimmten Pflanze oder Beschädigung in Betracht kommen und welche der vorgefundenen Tiere nicht die Erreger des betreffenden Schadens sein können. Bei den Insekten sind insbesondere die Fraßformen und Gallenbildungen, vielfach auch (bei Raupen) der Kot für die Arten oder wenigstens für Familien charakteristisch. Bei Pilzen sind es neben den Krankheitserscheinungen, wie Flecken, Fäulen usw., besonders die ver-

schiedenen Sporen- und Fruchtkörperbildungen, die oft schon mit bloßem Auge die systematische Stellung unterscheiden lassen. Gehört aber hier schon eine vielseitige Kenntnis und Erfahrung zur richtigen Feststellung der Krankheiten, so ist dies noch mehr der Fall bei den durch anorganische Ursachen hervorgerufenen Krankheiten. Zwar gibt es auch hier charakteristische Fälle, wie Hagelschlag oder Frostwirkungen, aber vielfach liegen Erscheinungen vor, die durch ganz verschiedene Ursachen hervorgerufen sein können. So können z. B. die mannigfaltigen Formen der Blattdürre durch Wind, Trockenheit oder Mangel an gewissen Nährstoffen verursacht sein. Besonders bei den Verfärbungen, die erst nach dem Tode der Zellen eintreten, ist zu berücksichtigen, daß sie oft keinen Schluß auf die Krankheitsursache zulassen. Es gibt viele derartige Erscheinungen, die eher für die betreffende Pflanze, als für eine bestimmte Erkrankung bezeichnend sind. Daher gehört eine genaue Kenntnis nicht nur der Parasiten, sondern auch der Pflanzen und ihres Verhaltens gegen schädliche Einflüsse zur richtigen Erkennung der Krankheiten und oft kann nur die genaue Beachtung aller Nebenumstände der Erkrankung bei der Feldbesichtigung Aufschluß über die Ursachen geben.

Zur genauen Erforschung der Krankheiten muß die Feldbesichtigung durch weitere Untersuchung im Laboratorium ergänzt werden. An der Pflanze selbst können die grundliegenden Krankheitsvorgänge, die in einem späteren Kapitel zu schildern sind, nur durch das Mikroskop verfolgt werden und auch die Beobachtung des Gesamtverlaufes einer Krankheit läßt sich oft im Laboratorium oder Gewächshaus besser durchführen. Anderseits kann ein großer Teil der parasitischen Krankheitserreger nur mikroskopisch festgestellt werden. Hierzu gehören alle Bakterien und die meisten Pilze, die Älchen (Nematoden), die Milben und ein Teil der Insekten oder wenigstens einzelne Stadien derselben. Zuweilen gibt aber erst die mikroskopische Untersuchung auch über die Ursachen nichtparasitärer Krankheiten durch Feststellung der ihnen zugrundeliegenden anatomischen Veränderungen Aufschluß oder sie ermöglicht es wenigstens, die Abwesenheit von Parasiten mit Sicherheit festzustellen. Sie ist ein Teil der pflanzenpathologischen Diagnostik, der noch sehr ausbaufähig ist und einer zusammenfassenden Bearbeitung harrt[1]).

[1]) Vgl. APPEL, Beispiele zur mikroskopischen Untersuchung von Pflanzenkrankheiten. 3. Aufl. J. Springer, Berlin 1922.

Bei den parasitären Krankheiten hat die Untersuchung nicht nur den Erreger zu ermitteln, sondern auch den Nachweis seiner ursächlichen Beziehung zu der betreffenden Krankheit zu führen. Für beide Zwecke bedarf es häufig außer der mikroskopischen Untersuchung noch der Weiterbeobachtung und Züchtung der Parasiten teils an oder in der Nährpflanze, teils durch seine Reinkultur. Hierfür sind bei Bakterien und Pilzen die gebräuchlichen Methoden der Isolierung und der künstlichen Kultur auf besonderen Nährböden heranzuziehen, für die sich eine besondere umfangreiche Technik herausgebildet hat[1]). Handelt es sich um Pilzkrankheiten, so genügt es häufig als einfachstes Verfahren für die Bestimmung der Pilze, den betreffenden Pflanzenteil bei Zimmertemperatur feucht zu legen, um die Bildung der zur Bestimmung notwendigen Sporen, Konidienträger oder Fruchtkörper oder eines charakteristischen Luftmyzels zu erzielen. Bei Insekten, die in einem unfertigen Stadium, als Larven, Raupen oder Maden schädlich sind, gehört die Züchtung des Vollkerfs zur Sicherung der Bestimmung[2]).

Vielfach finden sich bei Pflanzenkrankheiten in vorgeschrittenen Stadien verschiedene Parasiten und Saprophyten zugleich vor. So sind die Fäulnisprozesse stets von Bakterien und oft von Gärungspilzen begleitet und an anderen kranken Pflanzenteilen siedeln sich nachträglich verschiedene Insekten und Milben an. Anderseits sind viele parasitische Pilze und Bakterien nur Wundparasiten oder ursprünglich saprophytisch lebende Schwächeparasiten. Daher gehört der Infektionsversuch zum Nachweis eines Krankheitserregers. Erst wenn es gelungen ist, durch Impfung mit der Reinkultur eines Pilzes oder Bakteriums unter Ausschluß fremder Infektionen die Krankheit auf gesunde Pflanzen zu übertragen, kann dieser Nachweis als gesichert gelten. Auch bei Insektenschäden ist es zuweilen notwendig, die eigentlichen Krankheitserreger durch isolierte Übertragung auf gesunde Pflanzen von unbeteiligten Parasiten oder zufälligen Bewohnern der betreffenden Pflanzen zu unterscheiden oder ihren Zusammenhang mit einer Krankheit gegenüber anderen möglichen Ursachen klarzustellen.

[1]) Kuster, Anleitung zur Kultur der Mikroorganismen. B. G. Teubner, Leipzig und Berlin, 1907.

[2]) Schoenichen, Praktikum der Insektenkunde. G. Fischer, Jena, 1918.

Zu einer genauen Erforschung der Krankheiten und insbesondere für die Auswahl und richtige Gestaltung der Abwehrmaßregeln gehört aber nicht nur die Feststellung der Krankheitserreger, sondern auch die Kenntnis ihres ganzen Entwicklungsganges (Biologie) und ihrer Lebensweise (Ökologie). Daher fällt dieser Teil der Pflanzenpathologie hauptsächlich unter die bakteriologischen, mykologischen und entomologischen Arbeitsmethoden und sie ist bisher von diesen Disziplinen ganz wesentlich beherrscht worden, wie sie auch ihnen oft den Anstoß zur Weiterbildung der theoretischen Forschung gegeben hat. Es sind also die Entwicklungsstadien und -Zeiten der Schädlinge, ihre Vermehrung, Fortpflanzung und Verbreitungsweise, ihre Ernährungsweise und Wachstumsbedingungen im Zusammenhang mit Klima, Witterung und anderen Einflüssen der Umwelt, ihre Feinde und Parasiten usw. zu ermitteln. Im Anschluß daran kann erst die Aufklärung der Beziehungen zwischen Nährpflanze und Parasit erfolgen, der Art und Weise der Infektion, der Anfälligkeit der Pflanze und ihrer einzelnen Stadien oder Teile, woraus sich dann die außer der eigentlichen Ursache mitwirkenden Bedingungen der Erkrankung ergeben. Die letztere Tatsache, die Abhängigkeit der Erkrankung von den Einflüssen der Umwelt und den gesamten Wachstumsverhältnissen der Pflanze, macht sich naturgemäß bei den nichtparasitären Krankheiten auffälliger bemerklich und ist bei diesen auch schon früher erforscht worden, ehe man die Bedeutung dieser Einflüsse auch für die parasitären erkannte.

Häufig macht die nähere Erforschung einer Krankheit eine genaue histologische Untersuchung der ihr zugrunde liegenden inneren Veränderungen notwendig. Sie gehört eigentlich zum Studium einer jeden Krankheit und ist bisher infolge der überwiegenden Parasitenforschung nur zu sehr vernachlässigt worden. Die anatomischen Verhältnisse der Krankheiten ergeben auch die Möglichkeit ihrer Zusammenfassung in bestimmte Gruppen, die zum Teil, wie die Dürren und Fäulen, schon in der Übersicht der Krankheitsbilder hervorgetreten sind und nicht nur in schwierigen Fällen einen Schluß auf die Ursachen der Krankheiten zulassen, sondern sich auch vielfach unter dem Gesichtspunkt der Bekämpfung und insbesondere der Vorbeugung der Krankheiten einheitlich verhalten. Hieraus wird sich im Laufe der Zeit eine vergleichende Darstellung

der Pflanzenkrankheiten entwickeln können, die bisher noch fehlt und durch die erst das wissenschaftliche Verständnis derselben grundlegend gefördert werden wird.

Der Zweck der Krankheitsforschung ist in letzter Linie immer die Abwehr der Krankheiten. Bei vielen und zum Teil sehr wichtigen Krankheiten fehlen uns noch die Mittel zu einer rationellen Bekämpfung; aber auch in solchen Fällen kann nur die gründliche Erforschung die Voraussage über den Verlauf, den Umfang und die Bedeutung der Krankheiten ermöglichen, und damit rascher als bloßes Abwarten praktischer Erfahrung über den Wert einer Kultur und ihre Beibehaltung entscheiden.

Die hier im Gange der Untersuchung erwähnten Einzelheiten der Krankheiten, ihrer Ursachen und Bedingungen werden in den folgenden Abschnitten eine eingehende Darstellung erfahren. Zusammenfassend sei hier noch gesagt, daß eine genaue Untersuchung eine Krankheitsbeschreibung zu ergeben hat, welche die nachfolgenden Gesichtspunkte berücksichtigt:

1. Die Krankheit.
   a) Name, Geschichte, geographische Verbreitung und wirtschaftliche Bedeutung; Wirtspflanzen und anfällige Varietäten.
   b) Krankheitsbild und -verlauf; pathologische Histologie.
2. Die Ursachen bezw. Erreger.
   a) Name und systematische Stellung; Eigenschaften, Entwicklungsgang und Lebensweise; Vermehrung, Fortpflanzung und Verbreitungsweise; Verhalten in der Kultur.
   b) Beziehungen zwischen Wirtspflanze und Parasit. Infektionsweise, Wachstum und Ausbreitung in der Pflanze, Ausbreitung der Krankheit; künstliche Übertragung, Virulenz des Parasiten und Anfälligkeit der Pflanze nach Alter, Teilen und Sorten. Verhalten verwandter Parasiten.
   c) Bedingungen der Erkrankung. Klima, Witterung, Boden. Kulturmethoden.
3. Bekämpfung und Vorbeugung.
   a) Bekämpfung. Chemische Mittel: Spritzen, Bestäuben, Räuchern, Beizen; Bodenbehandlung. Mechanische

Mittel: Ausschneiden, Beseitigung der Rückstände. — Natürliche Feinde des Parasiten.

b) Vorbeugung. Auslese: Saatauslese, Pflanzenauslese und Sortenwahl; Sortenzüchtung. Kulturmaßnahmen: Pflanzweite und Pflanzzeit, Schnitt, Bodenbearbeitung, Drainage, Düngung, Fruchtwechsel.

c) Organisation der Bekämpfung. Gesetzliche und Verwaltungsmaßnahmen.

Kapitel II

Krankheitslehre

I. Begriff und Wesen der Pflanzenkrankheiten

Man spricht vielfach von Krankheiten der Pflanzen als in einem gewissen Gegensatz stehend zu den Beschädigungen. Es wäre auch leicht, extreme Fälle aufzuzählen, wo sich Krankheitsvorgänge als Reaktion des Pflanzenorganismus, wie z. B. bei Infektionskrankheiten durch Bakterien oder Pilze, von einfachen Verletzungen, bei denen die Pflanze eine anscheinend rein passive Rolle wie bei vielen Formen des Tierfraßes spielt, unterscheiden lassen. Eine scharfe und durchgreifende Trennung läßt sich aber, wie wir gleich sehen werden, nicht durchführen und würde dem Begriff der Krankheit widersprechen.

Diese bisherige Unterscheidung ist überhaupt nur deshalb aufrecht erhalten geblieben, weil sich die Pflanzenpathologie viel zu wenig mit dem Organismus der kranken Pflanze und fast ausschließlich mit dem schädigenden Parasiten beschäftigte. Neuerdings drängen aber die Fortschritte der Forschung wie auch das praktische Bedürfnis nach genauerer Kenntnis der Pflanzenkrankheiten dazu, den kranken Organismus in den Mittelpunkt der Betrachtung zu stellen.

Dabei ergibt sich die Vorfrage: Was verstehen wir unter dem Begriff der Krankheit? In der Pathologie des Menschen lautet die Antwort: Krankheit heißt die Summe der in einem Körper ablaufenden abnormen Lebensprozesse. Sie ist also streng genommen nicht ein bestimmter Zustand, sondern eine Summe von Vorgängen. Dementsprechend ist auch die Pflanzenkrankheit von KLEBAHN in folgender Weise umschrieben worden: Pflanzenkrankheit im allgemeinen ist jede Abweichung von dem normalen Verlauf der Lebens-

vorgänge, die in einem solchen Sinne vor sich geht, daß das Leben der Pflanze oder ihrer Teile bedroht wird.

Der gewöhnliche Sprachgebrauch unterscheidet zwischen Krankheiten und Schäden nur insofern, als bei der Krankheit das Symptom an der Pflanze, bei dem Schaden der Erreger oder die Ursache mehr betont wird. Man spricht ebenso von Frost- und Rauchschaden, wie von Mäuse- oder Wildschaden, dagegen von Welke-, Blattfall- oder Stockkrankheit, selbst von Reblauskrankheit. Will man Krankheiten und Beschädigungen begrifflich unterscheiden, so muß man zu den letzteren hauptsächlich den passiven Substanzverlust rechnen, während die Krankheit eine Reaktion der Pflanze als Hauptsymptom voraussetzt.

Als technische Schäden gegenüber den sogen. physiologischen bezeichnet man noch solche, durch die der Nutzungswert eines pflanzlichen Rohstoffes beeinträchtigt wird. Hierzu gehören z. B. diejenigen an lebendem oder totem Holz, wie Borkenkäferfraß und Zerstörungen durch Pilze; ein anschauliches Beispiel sind auch die Vernarbungen der Stiche der Weidenzikade, wodurch die Ruten brüchig werden.

In Hinsicht auf den praktischen Pflanzenschutz fallen unter die Aufgaben der Pflanzenpathologie auch noch solche Erscheinungen, die, ohne eigentlich Krankheiten zu sein, die Erträge des Pflanzenbaues vermindern (z. B. Rückschläge von künstlich gezüchteten Kulturformen zu normalen).

Die Abweichungen vom normalen Verlauf der Lebensvorgänge sind nun in erster Linie physiologischer Art. Es sind Störungen im Stoffwechsel, in der Nahrungsaufnahme und in der Bildung, Leitung und Speicherung der Inhaltsstoffe; die auf die Ernährung, das Wachstum und die Fortpflanzung einwirken. Die Verfolgung ihres Verlaufs ist Sache der pathologischen Physiologie.

Ihr gegenüber hat die pathologische Anatomie die krankhaften Veränderungen in der Gestalt der Pflanze und ihrer Gewebe zu untersuchen. Sie beschreibt die Abweichungen im Bau einzelner Organe und Gewebe, die mit der Krankheit einhergehen, die Verkümmerung und den Schwund derselben wie ihre Vergrößerung, z. B. Geschwülste, Krebsbildungen und die krankhaften Neubildungen von Organen oder Teilen und Anhängen derselben, die man in der Mehrzahl unter dem Namen Gallen zusammenfaßt.

Die pathologische Anatomie und Physiologie bilden die theoretische Grundlage der Pflanzenpathologie und werden daher in den nachfolgenden Abschnitten noch besonders behandelt werden.

Die Krankheiten äußern sich in den Symptomen oder den Krankheitserscheinungen, die wir im 1. Kapitel bereits kennen gelernt haben. Eine Krankheit kann aber sowohl gleichzeitig wie in ihrem Gesamtverlauf von ganz verschiedenen Symptomen begleitet sein, wie z. B. beim Schorf des Kernobstes Blatt- und Fruchtflecken zugleich mit dem Kleinbleiben und Rissigwerden der Früchte und mit Schorfbildungen an Früchten und Zweigen auftreten. Wir haben also Hauptsymptome und Nebensymptome in ihrer verschiedenen Bedeutung für die Erkennung der Krankheiten und ihrer Ursachen zu unterscheiden und die Symptome ergeben erst in ihrer Gesamtheit das Krankheitsbild. Dieses ist also ein Symptomenkomplex und nicht identisch mit einer einzelnen Krankheitserscheinung. Im Verlauf der Krankheit können die Symptome wechseln und insbesondere das entscheidende Merkmal, das Hauptsymptom, kann dabei ganz verschieden sein. Häufig ist es auch bei Pflanzenkrankheiten der Fall, daß der Erreger der Krankheit selbst das Hauptsymptom darstellt, wie bei Rost- und Brandpilzen, der Kleeseide, bei Blattlauskrankheiten usw.

Nach der Ausdehnung einer Krankheit innerhalb des Einzelwesens unterscheidet man häufig zwischen Lokalerkrankungen und Allgemeinerkrankungen. Doch läßt sich diese Unterscheidung nicht durchführen, da schon der eigentliche Begriff der Krankheit eine Störung, die den Gesamtorganismus beeinträchtigt, bedeutet. Man könnte also höchstens diejenigen Fälle als Lokalerkrankungen bezeichnen, in denen der Einfluß auf die übrigen Organe ganz unbedeutend bleibt, wie z. B. bei Verletzungen verschiedener Art und einem Teil der pilzlichen Blattfleckenkrankheiten. Aber gerade bei diesen kommt es vor, daß die ganze Pflanze trotz scharfer Begrenzung der Flecke schwer geschädigt wird (Blattfallkrankheit der Johannisbeere). Allgemeinerkrankungen wären dann die den ganzen Organismus umfassenden Stoffwechselstörungen, die aus ungünstigen Vegetationsbedingungen (Nährstoffmangel, Licht- und Wärmemangel, Standortsverhältnisse u. dergl.) entstehen. Aber diese ergeben häufig dasselbe Krankheitsbild wie örtliche Krankheiten

wichtiger Organe, besonders wie die Wurzel- und Gefäßkrankheiten. Eine Unterscheidung läßt sich also hier nicht durchführen.

Der Krankheitsverlauf setzt sich in der Regel, ganz besonders bei den Allgemeinerkrankungen, aus verschiedenen Stadien zusammen, deren Kenntnis zu einem vollständigen Krankheitsbild gehört und oft für den Nachweis der Ursachen oder die Auswahl von Bekämpfungsmethoden und insbesondere für den Zeitpunkt ihrer Anwendung von Bedeutung ist.

Von den einzelnen Stadien, die man etwa in Anfangsstadium, Hauptstadium und Endstadium gliedern kann, ist das erste das am wenigsten auffällige. Es tritt sogar, wie bei den innerparasitischen Pilzen, sehr oft als latentes Stadium auf. Bei diesen gehen die Infektion und die erste Ausbreitung des Myzels in den Geweben der Pflanze ganz unbemerkt vor sich und die Krankheit tritt erst im weiteren Verlauf in Erscheinung, indem Gewebezerstörungen oder die Vermehrungsorgane der Pilze äußerlich sichtbar werden. Man bezeichnet dies dann als den Ausbruch der Krankheit. Dieses Hauptstadium ist daneben durch die Auffälligkeit und den Umfang der Krankheitserscheinungen und das Eintreten der Schädigungen der Pflanze gekennzeichnet, indem die Erscheinungen einzelne Organe oder die ganze Pflanze mehr oder weniger vollständig umfassen. Auch sekundäre Erscheinungen an anderen Organen treten hier ein, wie z. B. das Vergilben und Welken der Blätter bei Wurzelkrankheiten, während im Endstadium Stillstand und Abgrenzung der Symptome gegen das gesunde Gewebe (Blattfleckenkrankheiten) oder aber das Absterben einzelner Organe oder der ganzen Pflanze durch Fäulnis oder Vertrocknung eintreten. In diesem Stadium sind demnach auch schon postmortale Vorgänge mehr oder weniger am Krankheitsbilde beteiligt. An dem Beispiel einer *Peronospora*-Krankheit (Krautfäule der Kartoffel, Blattfallkrankheit der Rebe) lassen sich diese Krankheitsstadien leicht veranschaulichen.

Den Krankheitsvorgängen und den sie begleitenden Erscheinungen liegen stets körperliche Veränderungen in den Zellen zugrunde. Wir haben also außer dem Vorgang und den Erscheinungsformen der Krankheit noch ihre eigentlichen Grundlagen zu unterscheiden. Wie der Gesamtkörper der Pflanze sich aus einzelnen Zellen zusammensetzt und seine Lebensvorgänge in

der Tätigkeit dieser Zellen bestehen, so beruhen auch die Krankheiten in letzter Linie auf abnormen Veränderungen in den Zellen. Als solche kommen hauptsächlich in Betracht: die Degeneration, die Nekrose, die Hypoplasie und die Hypertrophie. Sie werden in anderem Zusammenhang bei der pathologischen Anatomie und Physiologie nochmals Erwähnung finden.

Die Degeneration oder Entartung von Zellen besteht in einer Veränderung der funktionellen Strukturen und äußert sich in Abnormitäten des Stoffwechsels, wie z. B. im Welken grüner Pflanzenteile infolge von vermindertem osmotischem Druck des Zellsaftes; in Verfärbungen, wie der Blaß- und Gelbfärbung (z. B. Chlorose) infolge von ungenügender oder unterdrückter Ausbildung des Chlorophylls und Bildung von normalerweise nicht auftretenden, häufig roten Farbstoffen; in mangelhafter Assimilation (Rauchgase) oder Reservestoffbildung, in Ausscheidung von Fett und anderen unlöslichen Stoffen in der Zelle und anderen Veränderungen des Zellinhalts oder der Zellwände.

Die Nekrose oder der Zelltod, das Absterben von Zellen, ist eine der häufigsten Grundlagen von Krankheiten und insbesondere auch bei örtlich begrenzten Krankheitsvorgängen das Endstadium. Ein Absterben von Zellen liegt, wie wir oben gesehen haben, vor bei allen Fäulnisvorgängen, beim Vertrocknen von Pflanzenteilen, beim Abwerfen von Blättern und Früchten durch vorzeitige Ausbildung der Trennungsschichten, auch bei vielen Fleckenbildungen.

Bei der Hypoplasie handelt es sich um Hemmungsbildungen, um eine mangelhafte Entwicklung der Zellen und um unvollkommene Gewebedifferenzierung, welche eine verminderte Funktion der Organe zur Folge hat. Ein Beispiel dafür ist der Nanismus oder die Verzwergung, die bei ungenügender Ernährung der Pflanze eintritt.

Außer diesen Vorgängen, welche alle das Gemeinsame einer Herabsetzung der Funktion haben — in dieser Herabsetzung liegt eigentlich das Wesen der Krankheit — gibt es auch Krankheitsvorgänge, bei denen eine Steigerung der Funktion im Vordergrunde steht.

Ein solcher Vorgang ist die Regeneration, die wir bei der Wundheilung finden und die in vermehrtem Wachstum und vermehrter Teilung von Zellen besteht.

Ferner gehört hierher die Hypertrophie: das abnorm gesteigerte Wachstum von Zellen, das meist von Teilungen begleitet ist und häufig zu Gewebsneubildungen führt. Solche liegen insbesondere vor bei der Geschwulstbildung. Geschwülste oder Tumore sind in sich abgeschlossene Neubildungen, die aus allen Geweben hervorgehen können und wozu vor allem die meisten Gallen gehören.

Auch die Vorgänge einer gesteigerten Zelltätigkeit wirken, von wenigen Ausnahmen abgesehen, in der Weise, daß sie irgendwelche Organe in ihrer normalen Funktion stören, indem sie z. B. die Bildungsstoffe — Assimilationsprodukte und Reservestoffe — ihrer eigentlichen Bestimmung entziehen oder indem sie den schädigenden Einflüssen der Umgebung oder von Parasiten mehr ausgesetzt sind und deren Wirkungen dann auf die normal gebliebenen Teile übergreifen (Krebse, Reblausgallen usw.). Also liegt letzten Endes auch hier das Wesen der Krankheit in einer Herabsetzung der Funktion.

Als Ursachen der Pflanzenkrankheiten treten einerseits Einflüsse der unbelebten Natur auf, die wir in Wirkungen des Bodens, des Klimas oder der Atmosphärilien (Luftfeuchtigkeit, Luftbewegungen, Temperatur, Licht), chemische Einflüsse und Wunden einteilen.

Andernteils sind diese Ursachen fremde Organismen. Von den Krankheitserregern aus dem Pflanzenreiche spielen die zahlreichen Pilze und daneben die Bakterien die wichtigste Rolle; unter den tierischen Krankheitserregern sind die Älchen, die Milben und die große Klasse der Insekten die wichtigsten. Die meisten Krankheiten kommen durch parasitische Lebensweise der Erreger zustande und wir können dabei die außen auf der Pflanze lebenden Ektoparasiten von den im Innern in den Geweben der Wirtspflanzen lebenden Endoparasiten unterscheiden.

Dieses Kapitel der Ätiologie spielt in der praktischen Pflanzenpathologie die Hauptrolle und wird deshalb ausführlich im nachfolgenden Abschnitt behandelt.

Wir haben hier aber noch auf die Ursachen im allgemeinen einzugehen.

Nicht in allen Fällen sind die Ursachen einer Pflanzenkrankheit aus den Erscheinungen klar und eindeutig zu erkennen, wie dies z. B. der Fall ist bei den meisten Schäden durch Witterungseinflüsse

oder wenn der Parasit selbst zum Krankheitsbild gehört oder wenn er charakteristische Schädigungen verursacht oder Spuren hinterläßt. Es kommt häufig vor, daß dieselbe Erscheinung als Folge ganz verschiedener Ursachen auftritt. So können die Allgemeinerkrankungen der grünen Organe teils durch ungenügende Nährstoffzufuhr, teils durch Krankheiten der Wurzeln oder des Stengels, teils auch durch Krankheiten der Leitungsbahnen zustandekommen.

Wichtiger ist aber der Umstand, daß auch dort, wo bestimmte und eindeutige Ursachen vorliegen, immer noch gewisse Bedingungen und Nebenumstände zum Eintreten der Krankheit notwendig sind. Man war in der Zeit, als die parasitäre Natur der meisten Pflanzenkrankheiten erkannt und dabei vorwiegend die Parasiten erforscht wurden, geneigt, diesen eine ausschließliche Bedeutung für die Krankheiten zuzuschreiben. Erst allmählich stellte es sich heraus, daß sie nicht die einzige Ursache sind. Wie das Krankheitsbild sich aus einem Symptomenkomplex zusammensetzt, so sehen wir auch das Zustandekommen der Krankheiten von einem Komplex von Ursachen und Bedingungen abhängig. Diese liegen in den allgemeinen Einflüssen der Umwelt (in Klima und Witterung, Standort und Bodenbeschaffenheit) oder auch einzelner Kulturmaßnahmen, welche sich entweder direkt auf die Pflanze oder indirekt auf die Parasiten geltend machen. Bei den direkten durch Witterungseinflüsse verursachten Schäden, bei denen natürlich auch Einflüsse aus dem jeweiligen Zusammentreffen verschiedener Faktoren dieselbe Rolle spielen (z. B. hohe Luftfeuchtigkeit bei großer Wärme, plötzlich einsetzende Wärme und Lufttrockenheit usw.) hat man die Abhängigkeit ihres Eintretens von mehreren Bedingungen schon immer erkannt. Auch bei den parasitären Krankheiten lernt man jetzt immer zahlreichere Fälle kennen, wo sich das jeweilige Auftreten von parasitischen Pilzen und Bakterien an bestimmte Witterungsverhältnisse und Bodenarten (z. B. sandige oder lehmige Böden) und insbesondere auch an den Säuregrad des Bodens gebunden zeigt. Dieselbe Bedeutung kommt den Kulturmaßnahmen, wie Düngung, Bewässerung, Pflanzweite usw. zu. Mehr und mehr zeigt sich dieselbe Abhängigkeit neuerdings auch beim Auftreten schädlicher Insekten. So ist z. B. ein Fall beschrieben worden, wo der Befall durch Blattläuse an bestimmten Apfelsorten in trockenem Klima

durch entsprechende Regelung der Bewässerung verhütet werden konnte.

Anfälligkeit oder Immunität der Pflanzen sind also nicht bloß Eigenschaften der Arten und Varietäten, sondern sie stehen auch in engster Beziehung zu den Einflüssen der Umwelt, denen die Pflanze ausgesetzt ist. Die Erkrankung ist vielfach auch an bestimmte Alters- und Entwicklungsstadien gebunden. Nach den Altersstadien der Pflanze unterscheidet man daher die Keimlingskrankheiten, die nur an den zarten und raschwachsenden Keimpflanzen auftreten und ältere Individuen nicht mehr angreifen. Auch bei den Laubbäumen kennt man tierische oder pilzliche Parasiten, die in den ersten Jahren sehr heftig auftreten und das ganze Wachstum hemmen können, später aber nur noch vereinzelt vorkommen und ohne merklichen Einfluß auf das Wachstum des Baumes sind. Verschiedenheiten im Befall der Entwicklungsstadien sind bei Blättern und Früchten ganz allgemein bekannt. Eine große Menge von Pilzen und Insekten befällt Blätter entweder nur während der Wachstumsperiode oder im ausgewachsenen Zustande, teilweise auch erst gegen das Ende ihrer Lebenszeit. Insbesondere spielt die jeweilige Witterung dann eine ganz wichtige Rolle, wenn ein kurzfristiges Stadium, wie die Keimung von Saaten oder das Blühen der Obstbäume, von Parasiten bedroht ist, und sie entscheidet dann in wenigen Tagen über den ganzen Ertrag einer Vegetationsperiode.

Am bekanntesten sind solche Bedingungen der Erkrankung seit langem bei den sogenannten Schwächeparasiten, hauptsächlich denjenigen Pilzen, welche im allgemeinen saprophytisch auf abgestorbenen Pflanzenteilen leben, aber auf geschwächte lebende Pflanzen übergehen und dann von der Befallstelle aus weiter in die Gewebe eindringen und sie zerstören.

Hier sind auch die Wundparasiten aufzuführen, die in gesunde und unverletzte Pflanzengewebe nicht eindringen, sondern auf Verletzungen als Eingangspforten für die Infektion angewiesen sind, obwohl sie dann im gesunden Innengewebe weiter wachsen. Zu diesen gehören sehr viele Pilze; als Beispiel seien die bekannten Pilzkrankheiten der Holzgewächse (*Nectria*, Polyporaceen) genannt.

Man kann derartige Regelmäßigkeiten, wie die Erkrankung einzelner Sorten oder Altersstadien als normale Prädisposition der Pflanze bezeichnen, welcher dann alle Fälle des durch ungünstige

Nebenumstände bedingten oder verstärkten Befalls (besondere Witterungsverhältnisse usw., Befall durch Schwächeparasiten) als temporäre oder abnorme Prädisposition gegenüberstehen.

Während sich die eben erwähnten Beispiele alle auf die Beeinflussung der Pflanze selbst beziehen, so wirken dieselben Faktoren natürlich auch auf die Parasiten ein. Viele solche Zusammenhänge sind in ihren praktischen Wirkungen allgemein bekannt, wie die Zunahme der Pilze oder parasitischer und sonst schädlicher Tiere unter bestimmten klimatischen und Witterungseinflüssen. Man weiß, wie die Trockenheit die Vermehrung von Feldmäusen, Milben und kleinen Insekten, wie z. B. besonders Blattläusen begünstigt, in welcher Weise gewisse Pilzkrankheiten (*Peronospora* der Reben, Krautfäule der Kartoffeln, Rebenmehltau) nur bei entsprechender Temperatur und Luftfeuchtigkeit gefährlich werden. Hier hat die Wetterkunde auch in bezug auf die Phänologie der Parasiten noch ein großes Arbeitsfeld vor sich, das neuerdings besonders in Nordamerika gepflegt wird, aber auch bei uns in Angriff genommen worden ist.

Bei den parasitischen oder Infektionskrankheiten ist das Zustandekommen außerdem von der Übertragung der Infektionskeime abhängig, die meist durch Wind, Wasser oder Boden geschieht. Zuweilen erfolgt sie auch durch besondere Krankheitsüberträger, wozu vor allem die auf den Pflanzen lebenden Insekten gehören. Im übrigen werden die auf das Verhalten der Parasiten wirkenden Einflüsse noch im Kapitel der Ätiologie zu erwähnen sein.

Alle diese auf die Pflanze oder ihre Parasiten wirkenden Nebenumstände der Erkrankung bestimmen die Intensität und den Umfang des Auftretens der Krankheiten, wonach man von seuchenhaft auftretenden Krankheiten gegenüber den Einzelfällen und bei den ersteren von endemischen Krankheiten in einem gewissen Gegensatz zu Epidemien reden kann.

Endemien sind die an bestimmte, örtlich begrenzte Verhältnisse gebundenen Lokalseuchen, während die Epidemien weiter ausgebreitete Landesseuchen darstellen. Im gewöhnlichen Sprachgebrauch pflegt man allerdings unter epidemischem Auftreten einer Krankheit meist nur die gleichzeitig und heftig auftretenden Massenerkrankungen, also eigentlich das seuchenhafte Auftreten einer

Krankheit ohne Berücksichtigung der Größe ihres Verbreitungsbezirkes zu verstehen. Es kommt in den meisten Fällen durch eine von besonderen Klima- oder den Witterungsverhältnissen begünstigte Vermehrung der Parasiten zustande.

Im allgemeinen ist das jährliche Neuauftreten der Erkrankungen von Pflanzen an nichtparasitären und parasitären Krankheiten eine Folge neuen Befalles durch ihre Ursachen und Erreger. Die Parasiten überwintern in irgend einem Entwicklungsstadium auf der Pflanze oder getrennt von ihr und befallen sie aufs neue durch ihr infektiöses Stadium, Pilze durch eine Sporenform, Insekten durch Eiablage, durch die Larve oder den Vollkerf. Am meisten ist die Kontinuität des Befalles bei den im Boden ausdauernden Parasiten (Nematoden, Kohlhernie, Kartoffelkrebs usw.) gegeben. Unter den Befallsbedingungen, soweit sie in der Pflanze liegen, ist hier wieder die Erblichkeit der Disposition oder Immunität und die Nichterblichkeit der Prädisposition zu berücksichtigen.

Echte Vererbung kommt bei manchen Fällen von nicht infektiöser Chlorose und Mosaikkrankheit vor, ebenso bei Bildungsabweichungen, z. B. der Zwangsdrehung, während bei der Mosaikkrankheit der Tomate und anderen (auch Brandkrankheiten) eine Übertragung durch Keiminfektion vorliegt. Die Vererbung ist an bestimmte Erbfaktoren gebunden und folgt den MENDELschen Regeln; ebenso die Vererbung der Immunität, z. B. gegen Lagern des Getreides, Frostschäden, Pilzinfektionen. Teilweise ist die Immunität an zwei Erbfaktoren gebunden (Kartoffelkrebs) und läßt sich also durch Kombinationszüchtung unter Umständen steigern.

Auch die Übertragung von Krankheiten durch Übergang auf die Samen ist nicht häufig. Eine wichtige Rolle spielt sie jedoch bei der Blüteninfektion der Brandpilze. Während die Mehrzahl dieser Pilze sich dadurch verbreitet, daß die Brandsporen zugleich mit den Samen auf das Feld gelangen, mit ihnen auskeimen und die Keimlinge infizieren, liegt beim Gersten- und Weizenflugbrand Blüteninfektion vor. Die Sporen keimen noch im Sommer auf den Narben der Getreideblüten aus und die Pilzfäden durchwuchern den Samen, ohne seine Reifung und Keimfähigkeit zu schädigen. Im nächsten Jahre wachsen die Pilzfäden mit dem auskeimenden Getreide, dringen in den Vegetationspunkt und zerstören die Blütenanlagen (sog. erbliche Mykose). Daher sind die Brandpilze mit

Blüteninfektion nur durch Warmwasserbehandlung des Saatgutes zu bekämpfen, während diejenigen mit Keimlingsinfektion durch äußerliche Beizung der Saat bekämpft werden.

Ein besonderer Fall von erblicher Übertragung ist in der unter dem Namen der ERIKSSONschen Mykoplasmatheorie bekannten Sameninfektion zu sehen. Nach ERIKSSONs Theorie ist bei den Rostkrankheiten in der Pflanze und demzufolge auch im Samen eine Mischung des Pilzplasmas mit dem Plasma der Wirtszellen vorhanden. Bei der Keimung sollen sich erst sogenannte Endohaustorien ausbilden, aus denen Pilzhyphen hervorgehen, welche dann in der Pflanze weiterwachsen. Die Theorie wird jedoch bestritten und hat sich bisher nicht durchsetzen können.

Eine häufigere Übertragung vollzieht sich durch nachträglichen Befall von reifenden Früchten und Samen. Sie entspricht der Krankheitsverbreitung bei der vegetativen Vermehrung durch befallene Sprosse (Ableger, Edelreiser, Knollen usw.). Hierher gehört die Brennfleckenkrankheit der Bohnen; bei dieser werden die Samen von der Fruchtschale aus infiziert und der Pilz ruft bei der Keimung eine gefährliche Keimlingskrankheit hervor.

Bei der erwähnten Verbreitung von Krankheiten durch vegetative Vermehrung von Pflanzen liegt natürlich keine Übertragung mehr vor. Sie ist aber praktisch von großer Bedeutung; es sei hier nur an die Verschleppung des Kartoffelkrebses durch Pflanzkartoffeln und der Reblaus durch Setzreben erinnert.

Neuere Forschungen[1]) zeigen mehr und mehr, daß die Insekten in vielen Fällen eine entscheidende Rolle als Krankheitsüberträger und bei der Überwinterung von Krankheiten und der Neuinfektion im Frühjahr spielen. Man unterscheidet dabei verschiedene Abstufungen im Übertragungsmodus: einfache und mehr zufällige, äußerliche Verschleppung der Keime mit oder ohne direkte Einimpfung; von Insekten gemachte Wunden, welche als Infektionsstellen dienen; vorwiegende oder ausschließliche Übertragung von Krankheiten durch Insekten, in denen der Krankheitskeim sich entwickelt oder vermehrt (infektiöse Chlorosen und Mosaikkrankheiten). In einem Fall, bei einer Flagellose von Euphorbien, ist das Insekt sogar echter Zwischenwirt, in welchem sich ein Teil des Entwicklungsganges des Parasiten abspielt.

[1]) Insects as disseminators of plant diseases. Phytopathology 12. 1922, 225 ff.

2. Pathologische Pflanzenanatomie[1])

Die pathologische Pflanzenanatomie behandelt die abnormen Strukturen der Pflanzenorgane. Unter abnorm versteht man dabei solche Formen, die über die als normal angesehene Variationsbreite hinausgehen. Dabei können diese Formen unter drei verschiedenen Gesichtspunkten als abnorm erscheinen: 1. dem vergleichend morphologischen, unter den zunächst die Größenunterschiede der Organe fallen, 2. dem physiologischen, der hauptsächlich die Wachstums- und Entwicklungsvorgänge, wie z. B. Alters- und Absterbeerscheinungen, umfaßt, 3. dem kausalen, als Erscheinungen, die durch abnorme Ursachen hervorgerufen sind. Unter diesen fallen z. B. die infolge von Witterungseinflüssen, wie Frost, Hitze usw. und die infolge von parasitischen Einflüssen entstehenden abnormen Strukturen.

Die pathologisch-anatomischen Bildungen des Pflanzenkörpers sind außerordentlich zahlreich und vielgestaltig. Sie bestehen in der Form und Differenzierung der Gewebe und der Größe und Gestalt der Zellen und in besonderen Struktureigentümlichkeiten derselben. Dabei lassen sich zwei hauptsächliche Arten von Vorgängen unterscheiden, je nachdem eine verminderte oder vermehrte Zellentätigkeit vorliegt: Regressive Veränderungen oder Wachstumshemmungen und progressive Veränderungen oder Wachstumssteigerungen.

Regressive Veränderungen beeinflussen bei den Pflanzen im allgemeinen mehr die physiologische als die anatomische Seite des Krankheitsbildes und sind daher ausführlicher dort zu behandeln. Demgegenüber enthalten die progressiven Veränderungen alle so häufigen Wucherungen und Neubildungen, die man z. B. als Geschwülste, Krebs oder Gallen bezeichnet, und die auch bei geringerer Einwirkung auf das Gedeihen des Gesamtorganismus das äußere Bild wesentlich verändern.

Wir werden im folgenden die feineren histologischen Veränderungen nur insoweit erwähnen, als sie zu bekannteren Krankheitsbildern gehören, zumal sie im Kapitel der Physiologie wieder zu behandeln sind, und mehr die morphologisch auffälligeren Gewebsveränderungen und Neubildungen berücksichtigen.

[1]) Nach KÜSTER, Pathologische Pflanzenanatomie, 2. Aufl., Jena 1916.

Solche regressiven Veränderungen, in deren Auswirkung der physiologisch-funktionelle Charakter vorwiegt, sind z. B die Degeneration, die Nekrose und die Zytolyse. Im physiologischen Teil wird auf diese noch zurückzugreifen sein.

Die Degeneration besteht in strukturellen und chemischen Veränderungen der Zellen, welche deren normale Funktion beeinträchtigen. Sie geht häufig dem Absterben voraus, auch wenn dies, wie das Absterben der Blätter beim Abschluß der Vegetationsperiode, normal ist (physiologische Degeneration); sie ist aber in ebensovielen Fällen eine langdauernde, oft auch heilbare Krankheitserscheinung. Im einzelnen lassen sich Degeneration des Zellkerns, des Zytoplasmas, der Chromatophoren und der Membran unterscheiden, doch sind solche Vorgänge selbst bei den wichtigsten Pflanzenkrankheiten nur in den seltensten Fällen untersucht worden.

Die Nekrose ist das Absterben der Zellen und Aufhören ihrer Funktion, das durch Verlust des Turgors und Zersetzung des Zellinhalts und der Membran charakterisiert ist. Ein wichtiges Beispiel ist die der Blattrollkrankheit zugrundeliegende Phloemnekrose der Kartoffel. Eine Form der Nekrose ist auch die Zytolyse oder Auflösung ganzer Zellpartien, die besonders bei der Gummose (Gummifluß des Steinobstes usw., s. u.) vorkommt.

An die Nekrose schließen sich noch die postmortalen Vorgänge, wie Vertrocknung, Fäulnis und Verwesung an, die häufig im Krankheitsbilde eine besondere Rolle spielen und von den eigentlichen Krankheitsvorgängen unterschieden werden müssen.

Zu den regressiven Veränderungen können auch noch die eigentlichen Hemmungsbildungen oder Hypoplasien gerechnet werden. Sie bestehen in unvollkommener Entwicklung von Zellen und Organen. Bei den quantitativen Hypoplasien ist nur die Größenentwicklung der Zellen oder ihre Vermehrung gehemmt; sie kommen meist durch Ernährungshemmungen zustande (Nährstoffmangel, Einwirkung von Parasiten, z. B. saugende Insekten), während wir bei qualitativen Hypoplasien die unvollkommene Entwicklung der Zellen, die unvollkommene Differenzierung der Gewebe und die Hemmung der Zellteilung bei fortgesetztem Wachstum unterscheiden können. Zu den Hemmungen der Zelltätigkeit gehört die Blaßfärbung von Pflanzen, die unter Mangel an Eisen oder Licht wachsen (Chlorose, Etiolement), Erscheinungen, die denen der

Degeneration gleichen können. Unvollkommene Gewebedifferenzierung ist der eigentlich wichtigste Vorgang des Etiolements und liegt auch dem Lagern des Getreides bei zu dichter Saat zugrunde.

Zu den progressiven Veränderungen gehören zunächst die qualitativen Wachstumsanomalien (Formanomalien, Bildung abnorm geformter und verzweigter Zellen, z. B. Steinzellen); ferner die quantitativen Wachstumsanomalien oder Hypertrophien. Hypertrophie ist jedes abnorm gesteigerte Wachstum, also eine Zellenvergrößerung, die jedoch meist von Zellteilungen gefolgt ist. Sie kann an Zellen aller Gewebesysteme und aus den verschiedensten Ursachen, wie Verletzungen, verstärkte Nährstoffzufuhr, Reize durch Parasiten, eintreten. Beispiele einfacher Hypertrophien sind die Epidermiszellen der Perldrüsen, die von Gallmilben erzeugten Haarfilzbildungen (Erineumgallen), die Riesenzellen in den von Nematoden befallenen Rübenwurzeln.

In Verbindung mit Zellteilung führt die Hypertrophie zur Hyperplasie oder gesteigerten Gewebebildung und Gewebsneubildung. Gesteigerte Gewebebildung entsteht außer durch die erwähnten Ursachen (Verwundung, Nährstoffzufuhr, Parasiten) sehr häufig durch Wasserüberschuß in den Geweben und bildet dann die hyperhydrischen Gewebe, die als Perldrüsen, Intumeszenzen und Rindenwucherungen bekannt sind. Bei der Gewebsneubildung liegen wieder zwei Möglichkeiten vor: Die Neubildung gleichartigen Gewebes, dessen Zellen den normalen gleichen: homöoplasmatische Neubildung (abnormes Dickenwachstum usw.), und die Neubildung andersartiger oder verschiedener Gewebe: heteroplasmatische Neubildung. Die letztere Art der Neubildung tritt außerordentlich mannigfaltig und häufig auf und liegt den Kallus- und Wundholzbildungen und den meisten Gallen zugrunde. Hierher gehört auch u. a. noch die Umdifferenzierung der Gewebe oder Metaplasie, eine Veränderung des Gewebecharakters bereits ausgebildeter Zellen, die nicht degenerativ ist und bei den Pflanzen fast nur in der Veränderung des Zellinhaltes besteht. Sie liegt z. B. vor in der Speicherung von Stärke in den Blättern bei gehemmtem Abtransport (Blattrollkrankheiten usw.) oder in der Speicherung von Nährstoffen durch übermäßige Zufuhr nach Infektion durch Parasiten oder nach Verwundungen.

In den speziellen Formen des Auftretens pathologisch-anatomischer Erscheinungen mischen sich die beschriebenen Arten der Zellveränderung auf die verschiedenste Weise. Sie werden von KÜSTER als Panaschierung, Etiolement, hyperhydrische Gewebe, Wundgewebe und Regeneration, und als Gallen zusammengefaßt. Hiervon sind das Etiolement und die hyperhydrischen Gewebe schon erwähnt. Sie haben praktisch als Krankheiten eine geringe Bedeutung.

Die von vielen Zierpflanzen her bekannte Erscheinung der Panaschierung beruht im wesentlichen auf einer unvollkommenen Ausbildung oder auch einer Rückbildung der Chlorophyllkörner. Sie tritt in ganz verschiedener Weise als Streifen- oder Fleckenpanaschierung usw. auf. Bei den Mosaikkrankheiten der Kartoffel, der Tomaten, des Tabaks usw. ist die Panaschierung das Hauptsymptom; es handelt sich dabei um infektiöse Krankheiten, die durch Impfung (Insektenstiche) übertragbar sind, deren Erreger man aber noch nicht kennt.

Wundgewebe und Regeneration. Die Wunden bieten wie als Krankheitsbilder so auch in ihrem anatomischen Verhalten eine große Mannigfaltigkeit. Für die Pflanzenpathologie hat nur ein Teil der Wundgewebe eine größere praktische Bedeutung, die zuweilen auch nur eine diagnostische ist, indem sie für die Unterscheidung gewisser Krankheitsbilder und die Erkennung ihrer Ursachen Aufschlüsse geben.

Die einfachste Art des Reagierens der Pflanzengewebe auf Verwundung ist die Kallusbildung, die in der Bildung lockeren parenchymatischen Gewebes besteht. Sie tritt häufig in Form von auffälligen Wucherungen auf und wird durch hohe Luftfeuchtigkeit besonders begünstigt. Sehr starke Wucherungen beobachtet man an den Ringelungswunden und bei der Verwachsung von Veredlungen. Die häufigsten Anlässe zur Kallusbildung sind Insektenfraß und Frostschäden.

Wundholz und Wundrinde sind im Gegensatz zum parenchymatischen Kallus die an den Wundstellen gebildeten und aus dem Kallus hervorgehenden Holz- und Rindengewebe. Uns interessiert hier nur das Wundholz und die ihm entsprechenden, wenn auch nicht von Wundreizen verursachten Gewebe. Das Wundholz ist insbesondere durch abnormen Faserverlauf und Knäuel-

bildung charakterisiert, die sich als Maserung des Holzes zu erkennen geben. Im Mark und in der Rinde treten solche Bildungen als Knollenmaser oder Rindenknollen auf. Auch die sogen. Frostleisten, die durch Verheilung der längsgerichteten Frostspalten der Bäume entstehen, sind eine Wundholzbildung.

Eine wichtige Rolle spielt hierbei noch der Krebs der Bäume. Man bezeichnet damit die sich jährlich vergrößernden Überwallungswülste, die nach Abtötung von Kambiumstellen entstehen, die Wunde unvollkommen schließen und nach Abtötung des unausgereiften Wundholzes durch Frost immer wieder neugebildet werden. Schließt sich die ursprüngliche Wunde bis auf einen schmalen Spalt, so spricht man von geschlossenem Krebs; beim offenen Krebs bleiben mehr oder weniger große Stellen der Wunde frei. Im besondern unterscheidet man noch den Frostkrebs, bei dem der Frost als alleinige Ursache angesehen wird, und den Nectriakrebs, bei welchem die Gewebe und die immer wieder gebildeten Überwallungswülste durch den Pilz *Nectria galligena*, einen Wundparasiten, abgetötet werden. Als Blutlauskrebs werden die gallenartigen Wucherungen, die infolge des Saugens dieser Insekten entstehen, bezeichnet. (Eine einfache Gallenbildung sind dagegen die blumenkohlartigen Wucherungen des Kartoffelkrebses.)

Wundkork besteht in der Bildung von Korkgeweben statt der Kallusbildungen an den Wundstellen. Am bekanntesten ist er von der Kartoffelknolle und von Früchten. Eine ähnliche Erscheinung ist die Lithiasis der Birnen, die in einer von ursprünglichen zerstreuten Vertiefungen der Schale ausgehenden wuchernden Steinzellenbildung besteht.

Zur Wundreaktion der Gummi- und Harzbildung gehört das Schutzholz der Laubhölzer, eine Imprägnierung der Zellwände und Füllung der Gefäße mit Gummi. Eine Gummibildung durch Ausscheidung, wodurch die Gefäße verstopft werden, liegt auch bei der wichtigen Serehkrankheit des Zuckerrohres vor.

Im Gegensatz dazu beruht der Gummi- und Harzfluß auf Verflüssigung von Zellen, hauptsächlich von deren Membranen, und ist also eine Zerstörung von Geweben. Sie betrifft ausschließlich verholzte Zellen und ist im Pflanzenreiche sehr verbreitet; es sei hier nur an den Harzfluß der Nadelhölzer erinnert. Eine große Bedeutung als Krankheit hat sie beim Steinobst, besonders bei

Kirsche und Pfirsich, wo sie unter den verschiedensten Ursachen und Bedingungen zustandekommt und oft mit anderen Krankheiten kombiniert ist.

Der Regeneration und Restitution, der Wiederherstellung von Zellen und Geweben, die in letzterem Fall zum Teil an die Kallus- und Wundholzbildung anschließt, kommt für die Pflanzenkrankheiten abgesehen von dem schon dort Erwähnten keine besondere Bedeutung zu. Das bekannteste Beispiel für normale Regeneration von Wundflächen aus ist die Neubildung von Wurzeln und Sprossen bei Stecklingen, die auch durch Vermittelung eines Kallus vor sich geht.

Die Gallen oder Zezidien bilden ein abgeschlossenes Gebiet der pathologischen Anatomie, das lediglich unter einem gemeinsamen biologischen Gesichtspunkt abgegrenzt ist. Sie sind Unregelmäßigkeiten der Formbildung, die durch fremde Organismen veranlaßt werden und außerdem in bestimmten physiologischen Beziehungen zu ihren Erregern stehen, wie z. B. die Haarfilz- oder Erineumbildungen, eine der einfachsten Gallen, den sie erzeugenden Milben Wohnung und Nahrung bieten. Es liegt also eine der Wirkungen des Parasitismus vor und man kann die Gallen daher kurz als abnorme Wachstumsreaktionen auf parasitische Reize bezeichnen. Morphologisch und in ihrer Entstehung und Entwicklung weisen sie die verschiedenartigsten pathologischen Veränderungen auf. Nach der Zugehörigkeit ihrer Erreger zum Tier- oder Pflanzenreiche unterscheidet man von Tieren hervorgerufene *Zoozezidien* gegenüber *Phytozezidien*, die von Pflanzen erzeugt sind, und man kann weiterhin nach den einzelnen Tierklassen Älchengallen (Nematodengallen), Milbengallen (Phytoptozezidien) und Insektengallen (Entomozezidien), oder nach den Pflanzen z. B. Bakteriengallen und Pilzgallen (Mykozezidien) noch besonders bezeichnen. Von den gallenerzeugenden Pflanzen wären noch die Myxomyceten (Kohlhernie) und, als einzige Phanerogamen, die Loranthaceen (Mistel) zu erwähnen.

In allen Abteilungen des Pflanzenreiches kommen Gallenbildungen vor. Von den gallentragenden Pflanzen oder Gallenwirten interessieren uns hier nur die Blütenpflanzen, an denen die praktisch wichtigsten Erreger die Schleimpilze, Bakterien, Pilze

aller Klassen, wie Mehltau-, Rost- und Brandpilze, anderseits die Älchen, Milben, Blatt- und Rindenläuse, Gallmücken und Gallwespen und Rüsselkäfer sind.

Die Gallengebilde selbst teilt man, wie schon (S. 8) erwähnt, in organoide, die aus deutlich erkennbaren Organen bestehen, und die wichtigeren histioiden Gallen, ungegliederte Gewebewucherungen, ein.

Organoide Gallen sind in der Hauptsache die als Hexenbesen oder Zweigsucht bekannten Gebilde, die an sehr vielen Holzgewächsen auftreten und durch verschiedene Pilze (*Exoascus cerasi* an Kirsche, *Melampsorella* an Weißtanne) oder auch durch Milben (*Eriophyes*) erzeugt werden. Ähnliche Gebilde sind auch die Wirrzöpfe der Weiden. Sie kommen durch vermehrte Knospenbildung infolge der Reizwirkung der Parasiten zustande. Andere organoide Gallen bestehen in abnormer Formbildung oder Blattstellung oder Verzweigung; alle haben im wesentlichen dieselbe Gewebestruktur wie die normalen Organe.

Die zahlreichen und mannigfaltigen histioiden Gallen sind Gewebewucherungen an einzelnen Organen. Hierher gehören zunächst die als Erineum oder Haarfilz bekannten Abnormitäten der Haarbildung, die durch Phytoptusmilben erzeugt werden, z. B. an Rebenblättern, ferner die Blattrollungs- und Blattfaltungsgallen und die Beutelgallen an Blättern, welche Abnormitäten des Flächenwachstums darstellen. Sie entstehen teils durch Pilzinfektion, wie die von *Taphrina deformans* erzeugte Kräuselkrankheit des Pfirsichs, meist aber durch Milben und Insekten, insbesondere Blattläuse. Andere Gallen sind Abnormitäten des Dickenwachstums, welche sich als Krebsgallen, Umwallungsgallen und Markgallen unterscheiden lassen. Aus der großen Menge dieser Gallen seien als Beispiele erwähnt: der Blutlauskrebs des Apfelbaumes, der Kartoffelkrebs, die durch Bakterien hauptsächlich an Holzgewächsen erzeugten krebs- oder kropfartigen Wucherungen, die Knospengallen der Eriophyesmilben, die Gallen der Gallenrüsselkäfer, Gallmücken, Gallwespen und Älchen an den verschiedensten Organen, ebenso wie zahlreiche Pilzgallen der Rost- und Brandpilze und vieler anderer Pilze.

In ihrer Gewebestruktur bieten die histioiden Gallen dieselbe Mannigfaltigkeit wie in der äußeren Form je nach ihrem Ausgangs-

punkt von Blatt-, Stamm- oder Wurzelgeweben und ihrer weiteren Entwicklung. Auf alle diese Einzelheiten soll hier nicht weiter eingegangen werden.

3. Pathologische Pflanzenphysiologie

Behandelt die pathologische Pflanzenanatomie die abnormen Strukturen, so befaßt sich die pathologische Pflanzenphysiologie mit den abnormen Funktionsänderungen der Organe. Da die Beschreibung von Organ und Funktion sich niemals befriedigend trennen läßt, woraus die immer wiederholten Versuche in der Botanik hervorgehen, beide in einer Organologie oder Organographie zusammenzufassen, so läßt sich auch bei den pathologischen Veränderungen keine scharfe Trennung von anatomischer und physiologischer Behandlung durchführen. Immerhin können aber in der pathologischen Physiologie diejenigen Krankheitserscheinungen, in deren Verlauf die physiologische Störung im Vordergrund des Krankheitsbildes steht, zusammengefaßt werden, ebenso wie die pathologische Anatomie diejenigen Fälle behandelt, welche hauptsächlich das Bild einer Formveränderung aufweisen. Eine solche Zusammenfassung der physiologischen Störungen erweist sich schon aus dem Grunde als notwendig, weil die Erforschung vieler wichtiger Krankheiten erst durch die vergleichende Untersuchung wirklich vorwärtskommen wird.

Wir sahen, daß die Grundlagen der Krankheiten in den Vorgängen, die sich in der einzelnen Zelle abspielen, gegeben sein müssen. So ist die Krankheitslehre wesentlich pathologische Physiologie der Zelle, welche die Störungen im Stoff- und Kraftwechsel des Elementarorgans klarlegt. Wie dabei in letzter Linie die Korrelation der Vorgänge das Entscheidende ist, hat GRAFE in der Einleitung seiner „Chemie der Pflanzenzelle" (Berlin, Borntraeger, 1922, S. 5) treffend geschildert: „So ist Stoff und Kraft in der Zelle unlösbar verknüpft, die Konstellation der einzelnen Zellstoffe bedingt nicht nur das Zustandekommen bestimmter Reaktionen, sondern auch das Zurwirkunggelangen bestimmter Kräfte, welche ihrerseits im Zusammenhang mit den eingetretenen Reaktionen wieder das Stoff- und Kräftegleichgewicht nach der Richtung anderer Reaktionen verschieben. Welche Reaktionen und welche Kräfte ausgelöst werden, darüber wacht in der normal funktionierenden Zelle die Lebenskraft und wir können das Moment des Pathologischen geradezu als ein

Außerwirksamkeittreten dieser harmonisierenden Kraft im Gebiete größerer Zellpartien definieren, bis endlich im extremen Fall das Aufhören jeder Zustands- und Vorgangskorrelation den Tod zur Folge hat."

Augenscheinlich ist die pathologische Physiologie gegenwärtig die wichtigste Forschungsrichtung der Pflanzenpathologie und wir sehen bereits, daß man sich in einigen fremden Ländern eingehend mit ihren Fragen beschäftigt. Wir besitzen aber bisher keine zusammenfassende Darstellung des Gebietes, da die Pathologie überhaupt, soweit sie nicht experimentelle Pathologie ist, zu den vernachlässigten Gebieten der Botanik gehört und die Pflanzenpathologen bisher durch die Erforschung der Parasiten abgelenkt waren.

Im einzelnen sind Störungen der physiologischen Funktionen wie Reizbarkeit, Stoffwechsel, Wachstum usw., die dem speziellen Teil der pathologischen Anatomie entsprechen würden, allerdings vielfach bearbeitet worden. Ihre Aufzählung an dieser Stelle würde nur das wiederholen, was in anderem Zusammenhange erwähnt werden muß, ohne die Behandlung der einzelnen Fragen zu vertiefen, wozu vielfach die Grundlagen noch fehlen. Auch darf nicht verkannt werden, daß die geringe Spezialisierung und Abgrenzung der Organe des Pflanzenkörpers eine Trennung der Pathologie einzelner physiologischer Funktionen erschwert. Dagegen sollen im nachfolgenden die allgemeinen Probleme der pathologischen Physiologie, denen eine größere theoretische und praktische Bedeutung zukommt, erörtert werden. Sie betreffen die physiologischen Beziehungen zwischen der Pflanze und dem Auftreten von Krankheiten bezw. dem Befall durch Parasiten.

Fassen wir das Gebiet aus praktischen Gründen weiter, wie es etwa dem Begriff einer physiologischen Pflanzenpathologie entsprechen würde, so kommt noch eine Anzahl von Gegenständen hinzu, die an sich zur Physiologie der Parasiten gehören und dort auch bei der Biologie der Parasiten noch erwähnt werden sollen. Sie stehen aber in so enger Beziehung zu entsprechenden Fragen der Physiologie der Wirtspflanzen, daß sie nicht aus deren Besprechung ausgelassen werden können. So müssen z. B. die Probleme der Wirtswahl der Parasiten, ihrer Spezialisierung und Virulenz stets bei der Untersuchung der Disposition und Immunität der von ihnen befallenen Pflanzen berücksichtigt werden. Auch die Einflüsse der

Umgebung, von denen die Anfälligkeit und Erkrankung der Pflanzen so vielfach abhängt, wirken zugleich auf die Parasiten fördernd oder hemmend ein und erst von der Summe dieser die Pflanze und die Parasiten ganz verschieden treffenden Einflüsse hängt die Ausbreitung und Stärke des Auftretens von Krankheiten ab.

Methodik der pathologischen Pflanzenphysiologie

Zur Methodik der pathologischen Physiologie gehört zunächst wie bei der Untersuchung der Pflanzenkrankheiten überhaupt die Klarstellung des äußeren Krankheitsbildes und -verlaufes durch Trennung der Haupt- und Nebenerscheinungen bezw. der primären und sekundären Symptome und eine scharfe Unterscheidung von ähnlichen Krankheitsbildern, die oft, z. B. bei den Mosaik- und Blattrollkrankheiten, recht schwierig ist. Zugleich ist die eigentliche histologische Grundlage der Krankheit durch mikroskopische Untersuchung aller in Frage kommenden Gewebe zu ermitteln. Eine sehr wichtige Rolle innerhalb der pathologischen Physiologie spielt die Biochemie. Wie sich die Biochemie der normalen Pflanzen mit den Bestandteilen der lebenden Gewebe und ihren Inhaltsstoffen befaßt und die chemischen Veränderungen, mit denen die Lebensprozesse verbunden sind, verfolgt, so muß die pathologische Physiologie durch biochemische Methoden die unter der Einwirkung von Parasiten und anderen Krankheitsursachen abnorm verlaufenden Lebensprozesse und veränderten Inhaltsstoffe erforschen. Die normale Physiologie der Pflanzen berührt sich hier sehr nahe mit der pathologischen, wenn es sich darum handelt, festzustellen, an welche Inhaltsstoffe oder Konzentrationsgrade derselben der Eintritt von Schädigungen durch äußere Einflüsse, wie z. B. das Erfrieren der Pflanzen, oder die Ernährung von Parasiten und ihr Wachstum in der Wirtspflanze gebunden sind. Ein großer Teil dieser Immunitätsforschung bewegt sich auf biochemischem Gebiete, dem auch die Untersuchung der Abwehrstoffe der Pflanzen und anderer Reaktionen auf schädliche Einflüsse (z. B. Wundhormone[1])) angehört.

Die angeführten Beispiele zeigen jedoch, daß alle solche Untersuchungen der Ergänzung und Bestätigung ihrer Ergebnisse durch das biologische Experiment bedürfen. Vegetations- und Infektions-

[1]) Haberlandt in Beiträge zur allgem. Botanik, Bd. 2, 1921, Heft 1.

versuche müssen die übrigen Forschungsmethoden ständig begleiten und kontrollieren und je schwieriger und komplexer geartet die Aufgaben sind, um so zahlreichere Versuche sind nötig, um zu beweisenden Ergebnissen zu gelangen.

Bedeutung der physiologischen Erforschung bei den verschiedenen Krankheiten

Wie schon die bisherigen Abschnitte dieses Kapitels und die Unterscheidung von pathologischer Anatomie und Physiologie erkennen lassen, macht sich das Bedürfnis einer speziell physiologisch gerichteten Erforschung bei den verschiedenen Krankheiten ganz verschieden geltend. Es steht ganz an erster Stelle bei den sogenannten physiologischen Krankheiten[1]). Als solche bezeichnet man eine Gruppe von wohlcharakterisierten Krankheiten mit vorwiegend physiologischem Charakter der Symptome, besonders die Blattroll-, Kräusel- und Mosaikkrankheiten und die Panaschierung, die von einer inneren Stoffwechselstörung bedingt zu sein scheinen und keine ursächliche Beziehung zu äußeren Einflüssen oder zu einem pathogenen Organismus erkennen lassen. Der Name physiologische Krankheiten ist ein Verlegenheitsausdruck, denn die physiologische Abweichung vom normalen Zustand gehört zum Wesen der Krankheit überhaupt. Da aus dem an und für sich unklaren Begriff außer den parasitischen Infektionskrankheiten auch diejenigen Stoffwechselstörungen, die von bekannten äußeren Ursachen, wie Boden und Witterung usw. erzeugt sind, ausscheiden, bleibt eigentlich nur das negative Merkmal der unbekannten Ursache übrig. So sind denn auch einige früher hierzu gerechneten Erscheinungen ausgeschieden, nachdem sie als parasitisch verursacht bekannt waren, wie z. B. der Milchglanz der Obstbäume, der eine Folge des Befalls durch den Pilz *Stereum purpureum* ist.

In manchen Fällen sind die chemischen Vorgänge der Stoffwechselstörung näher bekannt und auch die Übertragbarkeit durch den Saft kranker Pflanzen und im Freien durch saugende Insekten ist beobachtet worden. Da ihnen hauptsächlich Enzyme (Oxydasen) zugrunde zu liegen scheinen, hat man diese Krankheiten auch als Störungen der enzymatischen Funktionen oder kurzweg als enzy-

[1]) Vergl. Ralph E. Smith, Phytopathology 5. 1915, S. 83.

matische Krankheiten bezeichnet. Neuerdings ist mehrfach die Übertragbarkeit durch ein filtrierbares Virus, anscheinend auch sogar durch aus erkrankten Pflanzen isolierte Zymasen, nachgewiesen, während man andererseits Protozoen (Chlamydozoen, Trypanosomen) als Erreger gefunden zu haben glaubt. Es handelt sich also um Stoffwechselkrankheiten aus unbekannten Ursachen, die teils nicht infektiös und mehr oder weniger erblich sind, teils wie Infektionskrankheiten sich verhalten. Letztere können aber nicht zu den parasitären gerechnet werden, solange ein Parasit nicht nachgewiesen ist. Die Möglichkeit des Vorkommens „enzymatischer" Infektionskrankheiten, d. h. von Krankheiten, die verursacht sind durch besondere Enzyme, welche ihrerseits „autokatalytisch" die weitere Bildung gleicher Stoffe in der Pflanze auslösen, sich also „vermehren", bleibt offen. Bei der Untersuchung solcher ungeklärter Krankheiten wäre zu beachten, daß ein eventueller Parasit wie beim Milchglanz oder den Gefäßkrankheiten in anderen Teilen der Pflanze seinen Sitz haben oder auch zur Zeit des Auftretens der äußeren Erscheinungen wieder verschwunden sein kann. Jedenfalls spielt aber bei der Untersuchung dieser Krankheiten die Physiologie gegenwärtig neben cytologischer Technik die Hauptrolle und sie haben denn auch neben der Immunitätsforschung am meisten den Anstoß zur Erforschung der Physiologie der Krankheitsvorgänge gegeben.

Bei den nichtparasitären Krankheiten steht naturgemäß die physiologische Seite des Krankheitsbildes ebenfalls in den meisten Fällen im Vordergrund. Es besteht hier einerseits im unzeitigen Eintritt normaler Erscheinungen, teils in deren Beschleunigung, wie zu frühem Laubfall, Notreife der Früchte und Abwerfen unreifer Früchte, teils in deren Verzögerung, wie verzögerte Keimung von Samen, Verzögerung des Gesamtwachstums oder der Fruchtreife, andererseits in direkten Schädigungen der physiologischen Tätigkeit des Organismus, besonders des Stoffwechsels. Solche liegen vor, um nur einige zu erwähnen, z. B. bei Witterungseinflüssen in Welkeerscheinungen oder Dürre, bei Bodeneinflüssen in Schädigungen durch Mangel oder Überschuß an wichtigen Nährstoffen, wie den Erscheinungen des Kali- oder Kalk- oder Eisenmangels usw. Aber auch hier schon ist mit dem Zusammenwirken verschiedener Einflüsse zu rechnen, das eine Prädisposition für nichtparasitäre Krankheiten schaffen kann. Sie liegt

beispielsweise vor bei ungenügend ausgereiften Holzgewächsen, die im Winter durch Frost mehr als die normal ausgereiften geschädigt werden, oder wenn der Transpirationsapparat von Laubblättern durch längere Zeit andauernde feuchtwarme Witterung in seiner Anpassungsfähigkeit an Trockenheit und Hitze gelitten hat.

Bei den parasitären Krankheiten ist die Bedeutung physiologischer Probleme nur scheinbar geringer, weil sie bei der alles beherrschenden Parasitenforschung erst spät bearbeitet worden sind. Wenn die Parasiten auch die Ursache dieser Krankheiten sind, so ist doch das Zustandekommen der Infektion und der Erkrankung an Vorbedingungen gebunden, die zu beseitigen oft wichtiger sein kann als die Bekämpfung der Parasiten. Die Erforschung dieser Vorbedingungen ist eine der wichtigsten Aufgaben der Physiologie. Daneben hat sie den direkt mit dem Parasitismus zusammenhängenden Fragen nachzugehen und hier hängen, wie schon erwähnt, die pathologische Physiologie der Pflanzen und die Physiologie der Parasiten aufs engste zusammen. Doch ist davon die erstere noch am wenigsten erforscht und gerade die Art der Einwirkung parasitischer Reize auf die Wirtspflanze ist noch vielfach ganz unbekannt geblieben.

Allgemeine Probleme der pathologischen Physiologie

Konstitution

Unter Konstitution der Pflanze versteht man die Summe aller Einzelheiten des physiologischen Verhaltens oder den physiologischen Habitus, der sich in der Wüchsigkeit und Gesundheit äußert. Sie ist sowohl von den inneren, erblichen Eigenschaften der Pflanze wie von den äußeren Einflüssen, denen sie während ihres Wachstums unterworfen ist, bedingt.

Zu der Konstitution gehört auch das Verhalten der Pflanze gegen die krankmachenden Einflüsse. Die Pflanzen sind bestimmten Krankheiten, seien es nun solche aus anorganischen Ursachen oder parasitische Krankheiten, in ganz verschiedenem Grade unterworfen. Gewisse Krankheiten kommen nur bei einzelnen, andere bei sehr vielen Arten vor; d. h. die Pflanzen sind in verschiedenem Grade anfällig oder widerstandsfähig (resistent) gegen die einzelnen Krankheiten. Hierin zeigt sich in erster Linie die Konstitution den Krankheiten gegenüber.

Zugleich sehen wir aber, daß diese Konstitution unter dem Wechsel äußerer Einflüsse auch in bestimmten Grenzen veränderlich ist. Am deutlichsten zeigt sich das gerade in dem Verhalten gegen infektiöse Parasiten. Es ist allgemein bekannt, daß der Befall durch diese und der Grad der Erkrankung nach dem Alter der Pflanzen, ihrem Standort, den herrschenden Witterungsverhältnissen usw. in den weitesten Extremen vom Ausbleiben der Infektion bis zu schwerer Schädigung und Abtötung der ganzen Pflanzen schwanken können. Wenn nun auch die ebenso wechselnde Vermehrung der Parasiten hierbei mitwirkt, so geht doch schon aus dem fluktuierenden Auftreten der Krankheiten, aus der Tatsache, daß es z. B. besondere Rost- oder Brandjahre gibt, die wechselnde Widerstandsfähigkeit der Pflanzen gegen die Krankheit hervor.

Wir sehen also zwei verschiedene Arten des Verhaltens der Pflanze gegenüber den Krankheiten. Die erstere ist der normale Zustand einer Pflanze, demzufolge sie von den einzelnen Krankheiten im Durchschnitt in einem bestimmten Grade befallen wird. Diese natürliche Empfänglichkeit der Pflanzen für Krankheiten nennt man ihre Disposition oder, negativ ausgedrückt, ihre Immunität. Die zweite Art des Verhaltens zeigt sich in der wechselnden Stärke des individuellen Befalles durch die einzelnen Krankheiten infolge des Einflusses äußerer Umstände. Es liegt also hier eine verschiedene individuelle Empfänglichkeit der Pflanze gegenüber den Krankheiten vor, die man als Prädisposition bezeichnet.

Prädisposition

Die augenfälligere Wirkung hat die veränderliche Prädisposition im Gefolge. Sie bedingt die jährlichen Schwankungen, die sich nicht voraus berechnen lassen, im Auftreten der Krankheiten und damit im Ertrage der Kulturen. SORAUER, der den Begriff der Prädisposition einführte, bezeichnete damit diejenigen Zustände der Pflanze, „welche gewisse Individuen leichter und schneller einer Krankheitsursache zugänglich machen als andere Individuen derselben Art". Er ging dabei von der Erkenntnis aus, daß auch bei den parasitären Krankheiten der Parasit nicht die alleinige Ursache der Erkrankung ist. „Zum Zustandekommen einer parasitären Krankheit und ihrem Auswachsen zu einer Epidemie gehört nicht

nur die Gegenwart des Parasiten, sondern stets auch eine bestimmte ihn begünstigende Beschaffenheit seines Nährbodens, d. h. seiner Nährpflanze." Dabei unterschied SORAUER noch eine normale Prädisposition, die an bestimmte regelmäßige Entwicklungsphasen geknüpft ist und die eigentlich eine temporäre Disposition bezw. Immunität bedeutet, von einer abnormen Prädisposition, der irgend eine vorhergehende Schädigung oder Schwächung der Pflanze zugrunde liegt.

Wir verstehen hier unter Prädisposition nur den letzteren Fall. Sie ist den verschiedensten Einflüssen unterworfen, da alle äußeren Bedingungen die Konstitution der Pflanze und damit auch ihre Disposition gegen Krankheiten modifizieren.

Die größte Bedeutung hat dabei wohl die Zusammensetzung des Zellsaftes für das Eindringen und Wachstum von Parasiten. In lebhaft wachsenden Organen ist der Säuregrad im allgemeinen am höchsten; anderseits zeigen reifende Organe ein Minimum von Oxydation und Säuregrad. Je nach den Nahrungsansprüchen der Parasiten entspricht dann die Anfälligkeit der Pflanzen der jeweiligen Reaktion des Zellsaftes.

Wohl am meisten berühren sich hier bei den Fragen der Prädisposition die Physiologie der Wirtspflanzen und die Physiologie der Parasiten, wie das folgende Beispiel erläutern mag. Durch zahlreiche neuere Arbeiten ist es festgestellt, daß der Säuregrad des Bodens die Entwicklung und Vermehrung der im Boden lebenden Parasiten beeinflußt. Es handelt sich also hierbei um die Physiologie der Parasiten. Verändert sich nun dadurch auch die Reaktion in der Pflanze, so ist damit ebenfalls nur der „Nährboden" der Parasiten geändert, die Wirkung erscheint aber als Beeinflussung der Prädisposition und gehört in diesem Falle zur Physiologie der Pflanze. Im ersteren Fall ist die Pflanze mehr oder weniger der Infektion ausgesetzt, im letzteren wird sie mehr oder weniger leicht infiziert, was zu demselben Ergebnis führt.

Die wichtigste Rolle bei der Prädisposition spielt die Witterung mit den Hauptfaktoren der Temperatur und Feuchtigkeit. Ganz allgemein kann man beobachten, daß die Ausbreitung der Pilzkrankheiten durch Nässe begünstigt und durch Trockenheit gehemmt wird, wobei dann noch die Temperatur in den einzelnen Fällen ausschlaggebend ist, wie z. B. beim Weinstock der echte Mehltau

eine höhere Wärme zu seiner Entwicklung beansprucht als die Peronospora (Plasmopara). Demgegenüber begünstigt Trockenheit die Vermehrung der Insekten, z. B. der Blattläuse, und bei höherer Temperatur ganz besonders der Milben (rote Spinne usw.). Die bakteriellen Krankheiten scheinen durch Extreme der Temperatur und Feuchtigkeit und insbesondere durch extreme Wechsel dieser Faktoren begünstigt zu werden. In der Witterung sind die Einwirkungen von Temperatur und Feuchtigkeit noch mit solchen der Belichtung kombiniert. Weiteren Schwankungen ist der Lichtgenuß bezw. die Beschattung der Pflanzen unter den verschiedenen Verhältnissen des Anbaues unterworfen. Auch diese Einflüsse äußern sich in der Prädisposition gegen Krankheiten, insbesondere scheint die Beschattung die Anhäufung von ätherischen Ölen, Zucker und Eiweißstoffen in den Pflanzengeweben gegenüber dem vollen Licht zu hemmen, während sie den Stärkegehalt vermehrt. Doch ist es oft, wenn so komplexe Ursachen zusammenwirken, sehr schwierig, die Bedeutung eines einzelnen Faktors dabei genau zu ermitteln. Am meisten trifft dies bei parasitären Krankheiten zu, wo auch, wie gesagt, die Prädisposition der Wirtspflanze und die Begünstigung der Parasiten noch auseinanderzuhalten sind.

Von wesentlichem Einfluß auf die Prädisposition ist auch die Ernährung der Pflanzen aus dem Boden oder durch Düngung. Hierüber liegen zahlreiche Einzelbeobachtungen vor, aus denen sich ergibt, daß ein Mangel an mineralischen Nährstoffen die Widerstandsfähigkeit gegen äußere Einflüsse, wie z. B. Frost, und gegen Parasiten herabsetzt. Zum Teil spielt dabei die Schwächung der ganzen Pflanze bezw. ihrer Gewebe eine Rolle, zum Teil liegen auch chemische Veränderungen des Zellinhaltes und insbesondere des Säuregrades vor, die bei der Besprechung der Immunität noch zu erwähnen sind. Mit den letzteren hängt es zusammen, daß nicht immer ein kräftiges Wachstum zugleich auch Widerstandsfähigkeit gegen eine bestimmte Krankheit bedeutet. So weiß man von den Rostpilzen, daß eine verringerte Wuchskräftigkeit die Infektion durch sie nicht begünstigt, sondern daß hier kräftiges Wachstum des Wirtes und des Parasiten eng zusammenhängen.

Die wichtigsten Mineralbestandteile des Bodens sind Kalk, Kali, Phosphor und Stickstoff. Daß ein Mangel an Kalk nicht nur die Vermehrung mancher Bodenparasiten, wie des Kohlherniepilzes

(*Plasmodiophora brassicae*) begünstigt, sondern auch die Pflanzen für viele andere Pilze anfälliger macht, ist bekannt. Ähnlich verhält es sich mit den anderen Nährstoffen. So leiden z. B. kaliarme Pflanzen mehr unter Frost; aber auch hier ist zu beachten, daß Schwächung der Pflanze und Prädisposition nicht immer zusammenfallen. Es kommt auf die Ernährungsansprüche des einzelnen Parasiten bezw. das nach seiner Zusammensetzung verschiedene Verhalten des Plasmas gegenüber schädigenden Einflüssen an und daher kann auch ein Überschuß an einzelnen Nährstoffen die Anfälligkeit steigern. Ein Mangel an löslichem Stickstoff im Boden soll u. a. auch gewisse „physiologische" Krankheiten, wie Blattverzwergung und Zweigspitzensterben begünstigen, während der Stickstoffüberschuß den Befall durch Pilze fördert, wie in bezug auf Rostpilze und *Phytophthora* schon lange bekannt ist.

Eine Rolle als prädisponierendes Moment spielen auch Verletzungen der Pflanze. Zahlreiche pathogene Pilze und Bakterien vermögen durch die gesunden Haut- und Rindengewebe der Pflanze nicht durchzudringen, sondern können sie nur an Wundstellen befallen. Man nennt solche Krankheitserreger Wundparasiten; zu ihnen gehört z. B. der Erreger des Obstbaumkrebses, *Nectria galligena*. Vielfach spielen dabei saugende Insekten die Rolle von Krankheitsüberträgern. Aber auch die Schwächung benachbarter Gewebe durch Wunden, die solche Gewebe für Pilze anfällig macht, ist beobachtet worden. So werden gewisse natürlich resistente Varietäten von Gräsern mehltauanfällig durch Verletzung des Blattes in einiger Entfernung von der Angriffsstelle.

Eine andere Gruppe von Parasiten wird als Schwächeparasiten bezeichnet. Auch sie setzen eine besondere Prädisposition voraus. Zu ihnen gehören die Pilze, welche die Wurzelfäule erregen; von Insekten ist hier ein Teil der Borkenkäfer, z. B. der ungleiche Borkenkäfer, *Anisandrus (Xyleborus) dispar*, zu nennen.

Alle diese prädisponierenden Einflüsse sind für das Zustandekommen der Pflanzenkrankheiten von fast derselben Bedeutung, wie die Ursachen und Erreger selbst. Daher sind denn die Bestrebungen der Pflanzenhygiene, welche die direkte Abwehr der Ursachen und Bekämpfung des Parasiten durch Kulturmaßnahmen ergänzen will, gerade von der Erkenntnis der Prädisposition ausgegangen.

Disposition und Immunität

Die genauere Beobachtung läßt neben der individuellen und veränderlichen Prädisposition der Pflanzen noch ein natürliches und erbliches Verhalten den Krankheiten gegenüber, die Disposition oder Immunität, erkennen. Die Disposition bezeichnet den normalen Zustand einer Pflanze, der sie geeignet macht, von einer parasitären oder sonstigen Krankheit befallen zu werden; umgekehrt bezeichnet der häufiger gebrauchte Ausdruck Immunität ihre normale Widerstandsfähigkeit.

Die Immunität ist neuerdings im Zusammenhang mit ihrer Ausnutzung durch die Pflanzenzüchtung viel mehr bearbeitet worden[1]) als die Prädisposition und zwar am ausführlichsten in Beziehung auf parasitische Pilze, insbesondere die Rostpilze. Über die Immunität gegen Insektenbefall ist im ganzen noch wenig bekannt, doch gehört eines der wichtigsten Probleme, die Resistenz von Reben gegen Reblaus, hierher. Die Immunität verhält sich jedoch in gleicher Weise auch gegenüber den nichtparasitären Krankheiten, wie z. B. den Frostschäden. Nach ERIKSSON unterscheidet man fünf Grade der Anfälligkeit, die sich bei dem Beispiel der Rostpilze folgendermaßen abstufen: 0. absolute Immunität (gar keine Pilzpusteln), 1. sehr widerstandsfähig (sehr vereinzelte kleine Pusteln), 2. widerstandsfähig (zerstreute kleine Pusteln), 3. schwach widerstandsfähig (zahlreiche Pusteln nur an den mittleren Blättern), 4. sehr anfällig (dicht gedrängte große Pusteln). Ihrem Wesen nach kann man eine mechanische und eine physiologische Immunität unterscheiden. Die erstere oder passive Immunität ist keine eigentliche Immunität, sondern sie beruht auf Infektionshindernissen wie z. B. die Brandimmunität kleistogam bestäubender Gerstensorten, bei denen die weiblichen Blütenorgane dem Brandstaub nicht zugänglich sind. Die physiologische oder aktive Immunität beruht dagegen auf dem chemischen Verhalten der Pflanzenzelle gegenüber den Parasiten und anderen Schädigungsursachen. Sie zeigt sich am deutlichsten in den Fällen, wo parasitische Pilze in immune Pflanzen eindringen, aber dann abgetötet werden. In anderen Fällen bildet die Pflanze unter dem Einfluß der Parasiten neue Gewebe, welche sein weiteres Eindringen abschließen. Das Wesen dieser Immunität wird am besten

[1]) N. VAVILOV, Immunity of plants to infectious diseases. Moskau 1919.

verständlich, wenn man die Pflanzen wie bei der künstlichen Kultur der Mikroorganismen als deren Nährboden betrachtet, an den sie ganz bestimmte Ansprüche stellen. Dabei kommt es nicht nur auf das Vorhandensein einzelner Nährstoffe an, sondern auch auf deren Konzentration. So ist besonders der Säuregrad des Zellsaftes für das Wachstum der Pilze und Bakterien von Bedeutung. Veränderungen in der Zusammensetzung des Zellinhaltes erklären auch die zeitweilige (temporäre) Immunität, die Tatsache, daß die Pflanze und ihre Organe vielfach nur in gewissen Entwicklungsstadien für Krankheiten anfällig sind. Hierher gehören die Keimlingskrankheiten; ferner befallen manche Parasiten nur junge oder nur alte, absterbende Blätter und ebenso werden Früchte oft nur in bestimmten Reifegraden von einzelnen Parasiten befallen. Doch können hierbei auch mechanische Verhältnisse, wie die Ausbildung der Epidermis, in Frage kommen.

Wo die Disposition einer Pflanze nur zeitweilig eintritt und auf ein bestimmtes Entwicklungsstadium beschränkt ist, ist die Dauer der Anfälligkeit und damit auch die Stärke des Befalles wie bei der Prädisposition von Witterungseinflüssen abhängig und sie kann ebenso auch durch Düngung und andere Kulturmaßnahmen beeinflußt werden.

Die Immunität der Arten und Varietäten hängt naturgemäß von denselben Faktoren ab, deren Veränderungen sich bei der Einzelpflanze in Unterschieden ihrer Prädisposition ausdrücken. Diese Faktoren sind der in der Pflanze gelegene Teil aller der Bedingungen, aus denen eine Krankheit zustandekommt. Außerdem gehört zu diesen Bedingungen bei den nichtparasitären Krankheiten noch die Intensität der äußeren Ursache, bei den parasitären die mit dem Parasiten zusammenhängenden Infektionsbedingungen, seine Übertragung, Wirkungsweise, Virulenz usw., welche noch in einem besonderen Abschnitt (s. Infektion) erörtert werden.

Die praktische Bedeutung der Immunität liegt nun darin, daß sie sich bei den Arten und besonders den Varietäten und selbst den Sorten oder Rassen der Kulturpflanzen verschieden verhalten kann. Daher besteht die Möglichkeit, eine anfällige Varietät durch eine gleichwertige immune zu ersetzen. Das typische Beispiel dafür ist der Kartoffelkrebs, gegen dessen Erreger *(Synchytrium endobioticum)*, einen im Boden lebenden Schleimpilz, es noch gar keine

andere Bekämpfungsmöglichkeit gibt als den Anbau krebsfester Kartoffelsorten. Über das Vorkommen gegen parasitische Pilze immuner Varietäten hat man einige Erfahrungssätze ermittelt, die sich in den gegebenen Grenzen auch auf nichtparasitäre Krankheiten anwenden lassen und aus denen sich im einzelnen Falle die Wahrscheinlichkeit, solche zu finden, erschließen läßt. Sie ist abhängig von dem Grade der Spezialisierung des Parasiten, d. h. bei eng spezialisierten Parasiten besteht viel mehr Aussicht, immune Varietäten zu finden, als bei solchen, die gleichzeitig verschiedene Arten oder Gattungen befallen. Außerdem spielt der Verwandtschaftsgrad der Varietäten eine Rolle; entfernter verwandte unterscheiden sich eher in ihrer Immunität als engverwandte. Je enger also der Parasit spezialisiert ist und je größer die Verschiedenheit unter den gegebenen Pflanzenvarietäten ist, um so wahrscheinlicher ist das Vorkommen immuner Varietäten unter ihnen. Außerdem verhalten sich gleiche Varietäten gegenüber gleich spezialisierten Parasiten sehr oft ähnlich, nicht aber gegen verschieden eng spezialisierte Pilze. In diesem Teile muß das Ziel der Immunitätsforschung sein, die entscheidenden Eigenschaften der Pflanze, wie z. B. Säuregrad oder andere Inhaltsstoffe, und anderseits die Ansprüche des Parasiten genau zu ermitteln, so daß der Immunitätsgrad durch eine Untersuchung beider auch ohne den Infektionsversuch exakt festgestellt werden kann. Die Immunität würde sich dann ebenso wie Ertragseigenschaften, z. B. der Zuckergehalt der Rüben, jederzeit nachweisen lassen.

Ermöglicht wird die praktische Ausnutzung der Immunität durch die Tatsache ihrer Vererbbarkeit und in dieser liegt auch der wesentliche Unterschied von der Prädisposition. Während wir es bei dieser mit nicht erblichen Modifikationen (des Phänotypus) zu tun haben, liegt bei der Immunität erbliche Variation vor. Es hat sich gezeigt, daß es besondere Erbfaktoren auch für die einzelnen Immunitätsfälle gibt — wenn auch eine bestimmte Eigenschaft oft von verschiedenen Erbfaktoren beeinflußt wird — und daß es daher möglich ist, nicht nur durch Auslese, sondern auch durch Kombinationszüchtung die Immunität gegen bestimmte Krankheiten mit anderen erwünschten Sorteneigenschaften zu vereinigen. Hierauf beruhen die berühmten Svalöfer Weizenzüchtungen von NILSSON-EHLE, der besonders auch die Resistenz gegen Krankheiten (Rost,

Lagerung, Frostschäden, Nematoden) in seine Zuchtrichtung aufnahm. Natürlich muß die Vererbbarkeit der Immunität im Einzelfalle erst festgestellt werden. Sie ist bei der Aufspaltung sehr häufig von anderen morphologischen und physiologischen Eigenschaften unabhängig, kann aber auch mit solchen zusammenhängen.

Degeneration

Als eine abnorme Konstitution im Sinne der Schwächung des Gesamtzustandes der Pflanze ist die Degeneration („Abbau") anzusehen. Der Begriff bedeutet auf die Kultursorten angewandt zum Unterschied von der klar umschriebenen physiologischen und histologischen Degeneration der Zelle einen zunehmenden Rückgang in der Wüchsigkeit und damit in Quantität und Qualität des Ertrages und zunehmende Anfälligkeit gegen Krankheiten. Er gehört zu den viel gebrauchten, aber wenig geklärten Ausdrücken, wie früher der Begriff der Bodenmüdigkeit u. a., Begriffe, unter denen sehr verschiedenartige Erscheinungen zusammengefaßt werden. So haben sich z. B. im Laufe der pflanzenpathologischen Forschung die Fälle von Degeneration häufig als bestimmte Krankheiten herausgestellt; auch eine negative Auslese, z. B. die Benutzung minderwertiger Kartoffelknollen zur Saat, kann Degeneration vortäuschen. Der Begriff wird sowohl bei mehrjährigen Gewächsen, wie Obstsorten, als auch bei einjährigen, z. B. bei gewissen Erscheinungen der Kartoffelsorten, die man dort insbesondere als Abbau bezeichnet, noch vielfach angewendet. Meist fehlt es aber an einer Definition des Begriffes, die, wie erwähnt, nicht nur die Abnahme der Ertragsfähigkeit, sondern auch äußere Erscheinungen, also im wesentlichen verringerten Wuchs und Krankheitszeichen umfassen muß. Es wird auch behauptet, daß die Degeneration schließlich zum Absterben der Sorten führt. Dies trifft keineswegs immer zu und man kann bei näherer Betrachtung der Einzelfälle eine vorübergehende von einer dauernden oder endgültigen Degeneration unterscheiden.

Eine verbreitete Annahme sieht nun die Ursache der Degeneration in einer Senilität oder Altersschwäche der nur vegetativ, durch Ableger, Knollen oder Pfropfung vermehrten Kultursorten. Man vergleicht diese angeblich ein Individuum bildenden Kultursorten den Individuen der höheren Tiere und schreibt ihnen nur

eine begrenzte Lebensdauer zu, da die „Verjüngung" durch geschlechtliche Fortpflanzung ausgeschaltet ist.

Abgesehen davon, daß Degeneration auch bei Sorten vorkommt, die nur geschlechtlich durch Samen vermehrt werden (Getreidearten), ist es unzulässig, alle Einzelwesen einer Sorte zusammen als Individuum zu bezeichnen. Es liegt gar kein Grund vor, von dem Sprachgebrauch abzugehen, der die höhere Pflanze und also auch den Baum mit seinen zahlreichen Wachstumsspitzen noch als Individuum bezeichnet, wenn auch der Begriff hier schon nicht mehr ganz zutrifft. Individuum bedeutet ursprünglich die Unteilbarkeit und dann auch die Selbständigkeit des Einzelwesens. Unteilbarkeit liegt schon bei den in Frage stehenden höheren Pflanzen nicht mehr vor, dagegen bleibt die selbständige Einheit (Kontinuität) gewahrt. Sobald aber Teile dieser Pflanzen, wie Zweige oder gar Knollen, von der Wirtspflanze losgelöst und bewurzelt sind, haben sie eine selbständige Existenz und eigenes Wachstum erlangt und sind somit auch jeder für sich den Einflüssen der Umgebung unterworfen. Sie sind also Individuen geworden und es geht nicht an, sie alle zusammen ebenfalls als ein Individuum zu bezeichnen. Wohl aber besitzen sie gemeinsame Erbmasse und können in Beziehung auf ihre Erbeigenschaften mit einem Individuum verglichen werden. Ist schon dadurch die Ableitung der Degeneration der Sorten aus dem Altern von Individuen ausgeschlossen, so ergibt sie sich noch aus folgender Erwägung noch mehr als unterhaltbar. Das Altern der Pflanzen geht von den Dauergeweben aus, deren Funktionen nachlassen, die „degenerieren", während die embryonalen Gewebe oder Meristeme theoretisch „unsterblich" sind, d. h. an sich dauernd in Funktion bleiben. Bei der Sorte liegt nun der Fall vor, daß die Meristeme auch in Wirklichkeit dauernd in Tätigkeit bleiben, weil sie von stets neugebildeten, jungen Dauergeweben ernährt werden. Während also das Mutterindividuum altert und abstirbt, ist das Tochterindividuum zunächst diesen Vorgängen entzogen, bezw. es entstehen immer neue, selbständige Individuen aus ihm, ehe sie vom Altern der Dauergewebe beeinflußt werden. Die vegetativen Vermehrungsformen sind ja gerade eines der Mittel zur Erhaltung der Arten, mit anderen Worten zur Vermeidung von Alter und Tod der Arten[1]). Wenn es sich auch herausgestellt hat, daß gewisse

[1]) Vergl. KÜSTER, Botanische Betrachtungen über Alter und Tod. Abhandl. z. theoret. Biologie. Heft 10, 1921, S. 13.

Altersveränderungen, z. B. der Bäume, auch an den Blättern junger Zweige auftreten und weiterhin an den davon gemachten Stecklingen oder Pfropfreisern in gleicher Weise gebildet werden[1]), so liegt hier doch eine vom Mutterindividuum mitgebrachte Senilität vor und nicht die von den Tochterindividuen erworbene, als welche eine senile Degeneration der Sorten aufzufassen wäre. Bei einjährigen Gewächsen kommt eine solche übertragene Senilität nicht in Frage.

Auch mannigfache andere Gründe sprechen noch gegen das Eintreten einer Senilität bei vegetativ vermehrten Sorten. Zunächst zeigt eine große Zahl alter Kulturpflanzen gar keine derartigen Degenerationserscheinungen, wie z. B. die Weinreben, viele Obstsorten und auch einzelne Kartoffelsorten, im warmen Klima die Bananen, bei denen eine geschlechtliche Fortpflanzung wegen fehlender Samenbildung überhaupt ausgeschlossen ist. Sie bestätigen, daß auch die vegetativ vermehrte Art oder Sorte nicht nur eine bestimmte Anzahl von Generationen hindurch lebensfähig, sondern theoretisch unsterblich ist.

Dann hat man mit Recht geltend gemacht, daß die Degeneration der Sorten, wenn sie auf Senilität beruhte, überall gleichzeitig eintreten und die Sorten nicht nur in gewissen Gegenden befallen müßte, während dieselben Sorten in anderen Gegenden gesund bleiben. Die Degeneration ist eine lokale Erscheinung[2]). Eine Altersdegeneration von Sorten müßte auch in gleicher Weise wie die vegetativen Teile schließlich die Eizellen und Pollenkörner ergreifen und wäre somit durch geschlechtliche Vermehrung nicht auszuschalten. Anderseits leidet bekanntlich bei den degenerierenden Sorten auch ein Teil der Sämlinge in mehr oder minder kurzer Zeit an denselben Erscheinungen und ist die Sämlingszucht notgedrungen auch eine Auslesezucht und nicht einfache Vermehrung oder Nachzucht.

Schließen wir also die angebliche Senilität als Degenerationsursache aus, so ergibt sich einerseits die Aufgabe, die Degenerationserscheinungen als Krankheitsbilder zu betrachten und zu erforschen. Dies ist der Weg, auf welchem bisher solche Erscheinungen geklärt

---

[1]) Molisch, Pflanzenphysiologie als Theorie der Gärtnerei. 2. Aufl., 1920, S. 255.

[2]) Oder wie Remy es ausdrückt: „Der Abbau tritt aber nur lokal auf, einen Sortenabbau gibt es nicht". (Die Kartoffel, 2, 1922, S. 162.)

und damit aus dem Sammelnamen der Degeneration herausgelöst worden sind. So kommt denn auch SALAMON in einer neueren Abhandlung über die Degeneration bei Kartoffeln[1]) zu dem Ergebnis, daß Degeneration gleichlautend mit Krankheit ist und zwar in diesem Falle wahrscheinlich mit Mosaikkrankheit, die sich lange unter der Blattrollkrankheit verborgen hat.

Aber auch in den Fällen, wo sich die Degeneration vorwiegend in zunehmender Anfälligkeit gegen Krankheiten, also in einem Nachlassen der Immunität gegenüber einer oder verschiedenen Krankheiten äußert, ist doch damit schon eine Veränderung in der Konstitution der Pflanze gegeben. Die Degeneration kann also nicht mit Krankheit gleichgesetzt, sondern nur als Vorbedingung der Erkrankung aufgefaßt werden, wie sie sich auch in anderen Erscheinungen, die nicht direkt als Krankheiten anzusprechen sind, wie Verminderung der Wachstumsenergie und der Erträge, äußert.

Diese Konstitutionsänderung ist nun in erster Linie in der Veränderung der das Wachstum regulierenden chemischen Inhaltsstoffe der Zellen (Enzyme) zu suchen. Sie ist also in diesem Falle einer echten Degeneration der Zellen vergleichbar, deren Ursache in äußeren Einflüssen liegt. Auf die Veränderlichkeit der Sorten hat besonders SORAUER hingewiesen und er betont auch das lokale und vorübergehende Auftreten solcher Erscheinungen. Die Ursachen können in Witterungseinflüssen liegen, besonders wenn abnorme Witterungsverhältnisse lange andauern oder sich wiederholen. Bei Veredlungen kommt die Beeinflussung des Edelreises durch die Unterlage in Frage. Am häufigsten sind die Ursachen aber in den Anbauverhältnissen zu suchen (Boden, Klima[2]), Düngung usw.), die entweder der Sorte keine zusagenden Lebensbedingungen bieten oder eine einseitige Steigerung einer bestimmten Entwicklungsrichtung begünstigen und dadurch eine Störung in der Korrelation des Wachstumsfaktoren herbeiführen können. Nach den Erfahrungen von E. JUNGE[3]) an Obstsorten ist das „Zurückgehen", worunter

---

[1]) R. N. SALAMON, Degeneration in potatoes. Report Internat. potato conference London 1921, S. 73.

[2]) Vergl. die Erwähnung der Degeneration von Gemüsepflanzen in den Tropen, Kap. III.

[3]) Festschrift GEISENHEIM, 1922, S. 370ff.

Krankheiten der Obstbäume, geringe Tragbarkeit, Befall durch Krankheiten und mangelhafte Ausbildung der Früchte zusammengefaßt werden, meist auf Kulturfehler zurückzuführen. Eine Vorstellung von der Vielseitigkeit der Einwirkungen geben die von JUNGE angeführten Ursachen: ungeeigneter Boden oder Lage, Verwendung ungeeigneten Pflanzmaterials, falscher Schnitt, falsche Unterlage, zu tiefes Pflanzen, ungenügende Düngung, Bewässerung und Belichtung (zu dichte Pflanzung), mangelhafte Bodenbearbeitung und Baumpflege, versäumte Schädlingsbekämpfung. Bei einjährigen Kulturen werden solche Erscheinungen in der Hauptsache schon durch Wechsel des Saatgutes, also Ortswechsel, welcher die Häufung von Wirkungen des Bodens und Klimas ausschaltet, vermieden. Anderseits muß sich die Degeneration, wenn sie durch äußere Ursachen veranlaßt ist, ebenso wie die einfache Prädisposition durch Änderung der Außeneinflüsse auch wieder aufheben lassen. Es handelt sich dann nicht um eine dauernde, sondern um eine heilbare Degeneration.

Mittelbar kann eine anscheinende Degeneration einer Sorte mit der vegetativen Vermehrung zusammenhängen, weil durch diese mehr Krankheiten übertragen werden als bei Vermehrung durch Samen. In solchen Fällen liegt aber eine umgekehrt wirkende Selektion vor und die richtige Auslese gesunder Nachzucht beseitigt dann die anscheinende Degeneration.

Der Degeneration oder dem Abbau von Kartoffelsorten kann ebenfalls eine mangelnde Auslese in der Weise zugrunde liegen, daß einzelne Sproßsysteme (Ausläufer, Knollen) auftreten, welche geschwächte Wüchsigkeit haben und durch die vegetative Vermehrung erhalten bleiben und ausgebreitet werden. Hier handelt es sich dann in Wirklichkeit um einzelne Variationen und nicht um fortschreitende Degeneration einer ganzen Sorte. In diesem Falle würde allerdings eine geschlechtliche Fortpflanzung die ursprüngliche Form sofort wieder herstellen.

Gerade bei geschlechtlicher Fortpflanzung kommt dagegen eine Degeneration vor, die sich in geringer Wüchsigkeit und geringer Widerstandsfähigkeit gegen Krankheiten äußert. Sie tritt bei Inzucht durch Selbstbefruchtung und zu enger Verwandtschaftszucht auf (z. B. bei Grünkohl und Mais), kann aber durch Kreuzung verschiedener Stämme sofort wieder behoben werden.

Ebenso gibt es auch Sorten, die von Anfang an schwach oder nicht lebensfähig sind und in kurzer Zeit aussterben. Hierin verhalten sich geschlechtlich und ungeschlechtlich vermehrte Sorten gleich, da eine Vererbungserscheinung vorliegt. Wir können daher eine genotypische Degeneration und eine phänotypische unterscheiden. Zu letzterer gehörte die besprochene Degeneration der ungeschlechtlich vermehrten Kultursorten aus mangelnder Anpassung an die Umgebung, da die Individuen „unter dem Einfluß der Außenfaktoren der fluktuierenden Variabilität und funktionellen Anpassung, kurz allen Modifikationen unterworfen sind, die ihnen ihre ererbte Organisation gestattet“ [1]).

Dieser Anpassung an die Umgebung, ob man sie nun als positive oder als mangelhafte Anpassung auffaßt, sind alte und neuentstandene Sorten in gleicher Weise unterworfen. Sie wird sich aber bei neuen Sorten am Orte ihrer Entstehung und insbesondere an dem des Nachbaues am raschesten äußern und kann auch in einer physiologisch normalen, nur wirtschaftlich nachteiligen Änderung der Eigenschaften, die den Ertragswert bestimmen, bestehen.

Genotypische Degeneration ist dagegen eine erbliche Veränderung der inneren Konstitution. Sie kann eine Folge von Inzucht sein oder auf einer unausgeglichenen Kombination der Erbfaktoren beruhen in ähnlicher Weise, wie dies bei den sogenannten letalen Erbfaktoren der Fall ist.

Nichts mit der Degeneration zu tun hat die bei Gärtnern so bezeichnete Erscheinung, daß stark heterozygotische Sorten bei der Vermehrung durch Samen aufspalten, wobei Eigenschaften der Elterngenerationen auftreten.

Die bekannteren Beispiele von Degeneration betreffen die verschiedensten Gewächse, wie Rosen, Apfel- und Birnsorten, den Abbau von Kartoffelsorten und das Absterben der Pyramidenpappeln. Sie gehören alle zu den ungeschlechtlich vermehrten Pflanzen und haben im einzelnen verschiedene Erklärungen gefunden, ohne daß bisher eine einheitliche Auffassung von der Degeneration erzielt wurde. Gerade die geschichtliche Betrachtung lehrt aber die Degeneration in erster Linie als eine zeitliche und

[1]) Goldschmidt, Einführung in die Vererbungswissenschaft, 3. Aufl., 1920, S. 69.

örtliche Erscheinung zu betrachten. Wir sehen jedenfalls, daß ihr sehr verschiedene Vorgänge und Ursachen zugrunde liegen können und daß es im Einzelfall genauer Untersuchung und vergleichender Beobachtung an anderen Orten und anderen Pflanzen bedarf, um solche Erscheinungen aufzuklären. Hierbei kommt es vor allem auf eine gründliche histologische Erforschung und die Untersuchung der allgemeinen Wachstumsbedingungen der betreffenden Pflanze an.

Infektion

Einer besonderen Erwähnung bedürfen hier noch die Umstände der Infektion wegen ihres Zusammenhanges mit der Immunität. Sie sind bei den Pilzen, auf die sich die nachfolgende Darstellung bezieht, und hauptsächlich bei den Rostpilzen, am besten erforscht[1]); die Ergebnisse lassen sich jedoch im wesentlichen auch auf die Bakterien anwenden, während bei tierischen Infektionen wenigstens die Reaktionen der Pflanzen vielfach dieselben sind.

Eingeleitet wird die Infektion durch die Keimung der Pilzsporen und Bildung eines Keimschlauches, welche naturgemäß an bestimmte Temperaturen und an das Vorhandensein genügender Feuchtigkeit in Form von Nebel oder Tau gebunden ist, während Regen die Sporen im allgemeinen wegspült. Zahlreiche Sporen lassen sich in reinem Wasser zur Keimung bringen, andere keimen jedoch nur auf den besonderen Nährpflanzen, d. h. sie bedürfen des von diesen ausgehenden Reizes, auf den sie eingestellt sind, zur Keimung. Das Eindringen des Keimschlauches geschieht entweder durch die Spaltöffnungen, z. B. bei den Peronosporeen, wobei dann auch die Keimung fast nur auf der Unterseite erfolgt. Bei *Phytophthora infestans* durchdringen die Sporen außerdem noch die Epidermis, was bei den meisten Pilzen der alleinige Infektionsweg ist. Die Wundparasiten können dagegen nicht durch die unverletzte Epidermis eindringen, wogegen die noch wenig erforschten Schwächeparasiten nur geschwächte Pflanzen anzugreifen vermögen (Schwärzepilze, Blattfleckenkrankheit der Syringen). Während also die Epidermis von sehr vielen Pilzen durchbohrt wird und einen Infektionsweg abgibt, schützt das Korkgewebe die damit versehenen

[1]) De Bary, Morphologie und Physiologie der Pilze usw. 1866. — Klebahn, Grundzüge der allgemeinen Phytopathologie. 1912.

Pflanzenteile vor der Infektion durch Pilze; nur Lücken in ihm, wie die Lenticellen, z. B. bei Schorf und Bakterienfäule der Kartoffeln, oder Verletzungen können zu Eingangspforten der Infektion werden. Doch bildet in besonderen Fällen schon die Ausbildung der Cuticula durch Verdickung, Haare, Wachsauflagerung usw. einen Schutz gegen Infektion.

Die Durchbohrung der Epidermis geschieht unter Auflösung der Zellulosemembran durch Enzyme, die vom Keimschlauch ausgeschieden werden. Sie erfolgt nur auf geeignetem Substrat und meist nur an bestimmten Stellen, z. B. an Keimlingen, an jungen und stark wachsenden Geweben, an Narben (Mutterkorn). Hierin verhalten sich die Haustorien der epiphytischen Parasiten (Erysiphaceen) wie die Keimschläuche der Endoparasiten. In einzelnen Fällen dringen Keimschläuche zwar in die Zellen auch anderer Pflanzen als ihrer Wirte ein, sterben aber dann ab, ohne sich weiter zu entwickeln (echte Immunität); ebenso sterben die durch Spaltöffnungen eingedrungenen Keimschläuche auf ungeeigneten Wirtspflanzen ab, ehe sie ein Myzel entwickeln können. In den Nährpflanzen wächst das Myzel in der Regel interzellular durch Auflösen der Mittellamellen oder auch intrazellular weiter und senkt im ersteren Falle seine Haustorien in die Wirtszelle.

In den meisten Fällen tötet der Pilz die befallenen Zellen nicht ab, sondern entzieht ihnen nur Nährstoffe durch die Haustorien. Während des vegetativen Wachstums von Myzelien zugleich mit der Wirtspflanze kann die Bildung von Haustorien auch unterbleiben, z. B. beim Wachsen der Brandpilze in den Getreidepflanzen; hier verhält sich der Parasitismus also ganz ähnlich wie die Symbiose und man hat diese Phase im Leben des Parasiten als Raumparasitismus bezeichnet. In anderen Fällen werden die Zellen zu lebhafter Tätigkeit angeregt und es kommt zur Vergrößerung der Zellen, zur Entstehung von Riesenzellen und zur Gallenbildung, womit die Pflanze ebenso und oft in ganz ähnlicher Weise auch auf den tierischen Parasitismus reagiert (Älchengallen und alle anderen Gallen). Vielfach werden jedoch die ergriffenen Zellen durch Verbrauch ihres Inhalts, oder, wo die Haustorien fehlen, durch stärkere Reizung, die als Zellvergiftung wirkt, abgetötet. In diesem Falle handelt es sich um einfache Schädigung der Wirtspflanze zugunsten des Pilzes, wie bei Erysipheen, Brandpilzen usw.;

es kommt aber auch vor, daß die Keimschläuche mit den befallenen Epidermiszellen absterben oder daß sich erst ein Myzel entwickelt und dann die kranken Gewebepartien mit ihm absterben, ehe es zur Sporenbildung fähig ist.

Bei den fakultativen Parasiten wächst das Myzel interzellular und zerstört die umgebenden Zellen. Läßt man jedoch die Sporen in reinem Wasser keimen, so ist das Myzel nicht fähig, die Pflanze anzugreifen, sondern dies geschieht erst nach saprophytischem Wachstum auf toten Geweben oder deren Inhaltsstoffen *(Sclerotinia)*. Der Pilz vergiftet die Zellen und löst die Mittellamellen und Zellwände auf, vermag aber seine Toxine erst nach saprophytischem Wachstum zu bilden; er lebt also auch in der Pflanze von totem Material. Diese Infektion, nicht durch keimende Sporen, sondern durch das Myzel findet auch bei Wurzelpilzen, wie *Armillaria* usw. statt.

Außer der bekannten Gallenbildung sehen wir auch bei der Abtötung eingedrungener Keimschläuche eine Reaktion der Pflanze gegen den Befall durch einen fremden Organismus. Eine andere Reaktion der Pflanze sind die um eingedrungene Hyphen der Haustorien häufig gebildeten Zelluloseschеiden; ihre Bildung hängt wohl auch damit zusammen, daß die Hyphen nicht in das Plasma eindringen, sondern es nur einstülpen.

Da die Pilze vielfach Toxine abscheiden, entsteht die Frage, ob die Pflanzen zur Bildung von Antikörpern befähigt sind. In der Tat sind in gesunden und kranken Pflanzen bakterizide Stoffe gefunden und es ist auch gelungen, experimentell die Bildung von Antikörpern (Lysinen und Agglutininen) in der Pflanze hervorzurufen[1]). Doch ist über solche Schutzstoffe noch wenig bekannt und man erschließt ihr Vorkommen im übrigen aus sonst unerklärten Unterschieden in der Heftigkeit von Krankheiten. So erklärt man das verderbliche Auftreten neueingeführter Krankheiten, wie z. B. des amerikanischen Eichenmehltaus, damit, daß die europäischen Eichen noch keine Gelegenheit hatten, sich nach wiederholter Infektion zu immunisieren. Hier wären auch noch andere Epidemien, wie Stachelbeermehltau, Rebenkrankeiten, Kaffeerost und schließlich tierische Infektion (Reblaus) zu vergleichen. Im übrigen ist aber

[1]) C. Picado, Annales Institut Pasteur 35, 1921, S. 893.

die Abhängigkeit der Immunität von den den Parasiten gebotenen Nährstoffen aussichtsreicher zu erforschen.

Zu den Reaktionsvorgängen der Pflanzen gehören auch die von HABERLANDT entdeckten Wundhormone oder Nekrohormone, Stoffe enzymartigen Charakters, die in den Abbauprodukten des getöteten Protoplasmas entstehen und für die Einleitung der Zellteilung bei der Bildung der Wundgewebe notwendig zu sein scheinen.

Intoxikationen

Eine direkte Giftwirkung sahen wir in der Abtötung von Pflanzenzellen durch Ausscheidungen parasitischer Pilze, und auch die Wachstumsreize, die z. B. die Gallenbildung veranlassen, können als Reize durch schwach wirkende Giftstoffe angesehen werden. In gleicher Weise sind Wachstumsreize durch geringe Mengen anorganischer Gifte, z. B. Kupfer, Quecksilber, Blei beobachtet; so wird die Kupferbespritzung der Kartoffeln in einigen Gegenden von Amerika ohne Rücksicht auf das Auftreten von Pilzkrankheiten regelmäßig als ertragssteigerndes Mittel durchgeführt (vergl. auch über Beizung, Kap. IV).

Die Giftwirkung auf die Pflanzenzellen vollzieht sich in verschiedener Weise. In einfachen Fällen tritt eine Diffusion bestimmter Inhaltsstoffe oder eine Kontraktion des Protoplasmas (Plasmolyse) ein; bei stärkerer Einwirkung reagiert der Zellkern und die Chromatophoren durch Vergrößerung oder es treten, wie auch im Plasma, Zersetzungen (Degeneration) ein, die einerseits in der Auflösung von Strukturen, anderseits in der Bildung unlöslicher Niederschläge bestehen.

In ähnlicher Weise wie die Ausscheidungen von Pilzen und Bakterien wirken auch tierische Sekrete auf die Pflanze ein. Abgesehen von der Gallenbildung kommen hier hauptsächlich die Sekrete von saugenden Insekten in Betracht (Wanzen, Zikaden, Blattläuse[1]). Sie wirken teils einfach stärkelösend, teils bedingen oder übertragen sie Erkrankungen der ganzen Pflanze. Jedenfalls entstehen durch solche Sekrete viel schwerere Schädigungen der Pflanze als durch die Nährstoffentziehung oder durch mechanische Verletzungen bei der Saugtätigkeit von Insekten.

[1]) F. ZWEIGELT, Centralbl. Bakt. usw., II. Abt., Bd. 42, 1915.

Zu den Giftwirkungen anorganischer Stoffe gehören außer den Wirkungen von Metallen, wie Zink, Blei und Arsen, auch diejenigen von salzhaltigen Abwässern und konzentrierten Düngemitteln. Eine besondere Bedeutung haben die Spritzschäden, von denen die durch Kupfermittel hervorgerufenen nekrotischen Flecke vielfach untersucht worden sind. Die umfangreichsten Beschädigungen der Vegetation entstehen durch Rauchgase, deren wichtigster Bestandteil neben Teerprodukten oder Metalloxyden die schweflige Säure ist. Schweflige Säure ist insbesondere fast stets in den Verbrennungsgasen enthalten und wirkt in der Luft bei längerer Einwirkung schon in einer Verdünnung von 1 : 1000000 schädlich.

Äußerlich macht sich das Absterben von Zellen durch Vergiftung in Verfärbungen bemerkbar. Die Erscheinungen sind aber vielfach, z. B. bei den Rauchgasschäden, dieselben wie beim Absterben der Zellen aus anderen Ursachen (Frost, Hitze, Trockenheit). Daß hieran auch postmortale Vorgänge beteiligt sein können, zeigt die Rotfärbung von Kiefernnadeln, die durch Rauchgase oder andere Einflüsse getötet sind; sie tritt nachträglich durch Lichtwirkung ein.

Als eine Giftwirkung ist auch die Narkose durch anästhetische Mittel (Alkohol, Äther, Chloroform usw.) anzusehen, welche die Sensibilität der Pflanze herabsetzen. Als Nachwirkung wird dabei eine Förderung der Keimung und des Wachstums beobachtet, die man in der Frühtreiberei zur Abkürzung der winterlichen Ruhezeit von Gewächsen praktisch ausnützt.

Kapitel III

Die Ursachen der Pflanzenkrankheiten

Die Ursachen der Krankheiten zerfallen in die beiden Hauptgruppen der Organismen als Krankheitserreger und der unbelebten (anorganischen) Krankheitsursachen. Die Organismen wirken in der Hauptsache in der Weise des Parasitismus auf die Pflanzen ein, wobei als die zahlreichsten und wichtigsten Parasiten im Pflanzenreiche die Pilze und Bakterien, im Tierreiche die Insekten auftreten. Man kann dabei die durch Pilze verursachten Krankheiten als Mykosen, die durch Bakterien verursachten als Bakteriosen, die tierischen als Zoonosen zusammenfassen.

Weiterhin sind alle diejenigen Krankheiten, welche durch kleine, in das Pflanzengewebe eindringende und sich dort ausbreitende Lebewesen übertragen werden, als Infektionskrankheiten zu bezeichnen, die auch hinsichtlich der Disposition der Pflanze, der Übertragung der Erreger und der Bekämpfungsmethoden vieles Gemeinsame aufweisen. Sie gehen ohne scharfe Grenze in einfache Beschädigungen, wie z. B. den Tierfraß, über, und pflegen eben wegen des auffälligen Anteiles des Erregers am Krankheitsbilde in ätiologischer Anordnung beschrieben zu werden.

Die nichtparasitären Krankheitsursachen beruhen in physikalischen und chemischen Einflüssen der Umwelt, die man in solche des Standortes und Klimas und chemische Einflüsse einteilen kann.

Zwischen diesen beiden großen Gruppen bleiben dann einige Krankheiten, denen sich die Forschung neuerdings mehr zugewandt hat. Dies sind die bisher als physiologische, dann auch als enzymatische Krankheiten beschriebenen, die durch einen filtrierbaren Virus übertragen werden, also eigentlich als nichtparasitäre Infektionskrankheiten zu bezeichnen sind.

Für unseren hier vorliegenden Zweck tritt die im pathologischen Teil behandelte Beschreibung der Krankheiten selbst gegenüber der Klassifizierung und Beschreibung der Ursachen zurück. Dies trifft besonders für die parasitären Krankheiten zu. Hier liegt der Zusammenhang mit dem Erreger meist klar zutage und nur bei gewissen Allgemeinerkrankungen und bei Mischinfektionen kommen differential-diagnostische Unterscheidungen in Frage, während sich bei den nichtparasitären Krankheiten die Ursache oft erst aus genauer Kenntnis des Krankheitsbildes erschließen läßt und die Auseinanderhaltung verschiedener zusammenwirkender Faktoren größere Schwierigkeiten bereitet.

I. Schädliche Organismen

Die Mehrzahl der Schädigungen von Pflanzen durch lebende Organismen fällt unter den Begriff des Parasitismus. Sowohl im Pflanzen- wie im Tierreiche ist die parasitische Lebensweise mannigfaltig ausgebildet. Sie beruht darin, daß sich Pflanzen oder Tiere von lebenden Organismen nähren und gleichzeitig als Ekto- oder Endoparasiten auf oder in ihren Wirten wohnen, die dadurch geschädigt werden. Dieser Lebensweise entsprechen bei ausgeprägtem Parasitismus mehr oder minder weitgehende Veränderungen einzelner Organe oder der ganzen Körperform des Parasiten als sekundäre Anpassungen.

Bei der Anpassung an den Parasitismus bedingt, wo es sich um das Pflanzenreich handelt, das Aufgeben der ursprünglichen Art der Ernährung durch eigene assimilatorische Nährstoffbildung und vermittels einer ausgedehnten Oberfläche eine weitgehende Veränderung der Form. Doch erfahren auch die Tiere vielfach, und besonders die endoparasitischen, sehr tiefgreifende morphologische Veränderungen, während anderseits die tierische Art der Nahrungsaufnahme und die Ortsbewegung eine parasitische Lebensweise bei sehr geringer morphologischer Abänderung ermöglichen. Die Anpassungen der Form treten sowohl als Rückbildungen, wie z. B. der Bewegungsorgane (Beine und Flügel) und der Gliederung des Körpers auf, wie auch als Umänderung oder Neuerwerbung von Organen[1]).

[1]) Vergl. H. Francé, Der Parasitismus als schöpferisches Prinzip. Centralbl. Bakt. usw., II. Abt. 50. 1920, S. 54.

Eine weitere mit dem Parasitismus zusammenhängende Anpassung liegt in dem Zurücktreten und sogar Unterbleiben der sexuellen Fortpflanzung zugunsten der Ausbildung ungeschlechtlicher Vermehrungsvorgänge, wodurch die rasche und starke Vermehrung und die Ausbreitung kleiner, in individuenreichen Kolonien auftretender Organismen begünstigt wird und zugleich auch Dauerformen, welche ungünstige klimatische oder Nahrungsverhältnisse überstehen können, eingeschaltet werden. Man kann hierin besonders einen Teil der Schnabelkerfe (Aphiden und Cocciden) direkt zu den Pilzen, wo die Pleomorphie der Vermehrungsvorgänge die Regel und in einzelnen Fällen bis auf 5 Sporenformen gesteigert ist, in Parallele stellen. So tritt bei den Aphiden und den Cynipiden schon im Larvenstadium eine ungeschlechtliche Vermehrung ein, bei den Cocciden wird zum Teil die weibliche Larve geschlechtsreif, ohne sich erst zur Imago umzuwandeln. Man unterscheidet hierbei die parthenogenetische Fortpflanzung von Individuen, die nicht das normale fortpflanzungsfähige Stadium erreichen, als Pädogenese, von der Neotenie, der Beibehaltung larvaler Eigenschaften in geschlechtsreifem Zustand. In allen diesen Fällen sehen wir ein beschleunigtes Eintreten eines Vermehrungsstadiums und zugleich äußerst gesteigerte Produktion von Nachkommen im Zusammenhang mit parasitischer Lebensweise ausgebildet. Von den Dauerformen sei hier die Cystenbildung der Nematoden erwähnt, die mit derjenigen niederer Pilze, wie von *Chrysophlyctis*, Ähnlichkeit bietet.

Durch eine allmähliche Ausbildung der Anpassungen an den Parasitismus kommen Übergangsformen zwischen normaler Lebensweise und Parasitismus zustande, und man versteht dabei unter hemiparasitischen Tieren solche, die sich vom Blute ihrer Wirtstiere ernähren, aber nicht fest auf ihnen wohnen, während hemiparasitische Pflanzen auf ihrem Wirte festsitzen und ihm zwar Nährstoffe entziehen, aber daneben noch einen Teil ihres Bedarfes an Nährstoffen durch eigene Assimilation decken und auch Assimilate an den Wirt abgeben.

Ebenso steht auch die Symbiose in sehr enger Beziehung zum Parasitismus, sodaß vielfach keine scharfe Grenze zwischen beiden besteht. Unter Symbiose versteht man eine gegenseitige Anpassung von Organismen, bei welcher keine Schädigung eines der beiden Symbionten eintritt. Als ein Beispiel einer dem Parasitismus sehr

nahestehenden Symbiose können die Knöllchenbakterien der Leguminosen gelten, welche auf die besiedelten Wurzeln einen Reiz ausüben, der diese zur Gallenbildung veranlaßt. Ein zeitweiliges, der Symbiose ähnliches Verhältnis besteht bei einigen Rost- und Brandpilzen, die vom Samen aus oder nach Blattinfektion lange Zeit mit der befallenen Pflanze weiterwachsen können, ohne diese sichtbar zu schädigen, und erst, wenn sie fruktifizieren, Gewebezerstörungen hervorrufen. Man hat dieses latente Verhalten auch als Raumparasitismus bezeichnet.

Auch unter den Fäulnisorganismen oder Saprophyten sind diejenigen, die ihre Nahrung abgestorbenem Pflanzenmaterial entnehmen, pflanzenpathologisch von Bedeutung; entweder als sekundäre Begleiter von Krankheitsprozessen oder als fakultative Parasiten, welche unter besonderen Umständen auch lebende Gewebe angreifen und zerstören. Bei dem Vorkommen saprophytischer Pilze an kranken Pflanzenteilen ist es daher zuweilen schwierig zu unterscheiden, ob sie nur sekundär auftreten oder ob sie als fakultative Parasiten die eigentlichen Krankheitserreger sind. Dies ist vor allem bei den Fäulniskrankheiten der Fall.

Als Pseudoparasiten, oder ebenfalls als Raumparasiten (vergl. jedoch oben) bezeichnet man im Pflanzenreiche die Epiphyten, die auf ihrem Wirte festsitzen, ihm aber keine Nährstoffe entnehmen (hauptsächlich Flechten, Moose, Farne). Sie können ihm gleichwohl im gewissen Grade schädlich werden.

Eine Komplikation des Parasitismus ist der Wirtswechsel, der sich bei manchen höheren Pilzen (Rostpilze) und auch bei Insekten (z. B. Aphiden und Chermesiden) findet. In beiden Fällen sind es einzelne Stadien eines mehrstufigen Entwicklungsganges, die sich auf verschiedenen Wirtspflanzen abspielen [1]). Dabei liegt dann, wie es beim Parasitismus auch sonst die Regel ist, eine ausgesprochene Spezialisierung auf bestimmte Nährpflanzen vor, in der wir allgemein eine höhere Stufe der Anpassung an parasitische Lebensweise erblicken können. Doch gibt es daneben ebenso zahlreiche Parasiten, die sich nicht auf eine einzige Pflanzenart als Wirt beschränken, sondern Wirte verschiedener Arten oder Gattungen und selbst Familien befallen (polydome Pilze, polyphage Insekten).

[1]) Vergl. hierzu die Figuren auf S. 66 und 67.

Die Spezialisation der Parasiten hat für die Bekämpfung der Krankheiten ihre Bedeutung, da es wichtig ist, zu wissen, ob einem Parasiten noch andere Wirtspflanzen außer der gefährdeten Kulturpflanze zu Gebote stehen. Mit der Frage der Spezialisation hängt auch diejenige der Rassenbildung bei der Anpassung an bestimmte Wirte d. h. an das Substrat zusammen, die besonders bei der Erforschung der Immunität und bei der Immunitätszüchtung berücksichtigt werden muß. Auch hierin verhalten sich parasitische Tiere und Pflanzen gleich. So ist es in vielen Fällen möglich, aus der Spezialisation Schlüsse auf den Verwandtschaftsgrad der Wirtspflanzen einerseits und der Parasiten anderseits zu ziehen, was in gleicher Weise für Insekten, z. B. Blattläuse, wie unter den Pilzen besonders für die Rostpilze zutrifft.

Eine Begrenzung der parasitischen Lebensweise auf bestimmte Entwicklungsstadien liegt bei den meisten holometabolen Insekten vor, wobei nur die Larvenstadien parasitisch leben. Dies trifft vor allem auf die Endoparasiten zu. In denjenigen Fällen, wo die Vollkerfe ebenfalls Pflanzenfresser sind, unterscheidet man deren Schäden, die andere Organe betreffen oder besondere Formen annehmen, als Imaginalfraß vom Larvenfraß. Ähnliches kommt bei Pilzen vor, z. B. wenn die höhere Fruchtform erst von dem saprophytisch auf abgestorbenen Organen weiterlebenden Myzel gebildet wird.

Zufolge der mit ihm verbundenen Schädigung des Wirtes, die das Hauptkennzeichen des Parasitismus ist, fallen alle Parasiten der Pflanzen unter den Bereich der Pflanzenpathologie. Dagegen können Beschädigungen der Pflanzen durch die normale Nahrungsaufnahme freilebender pflanzenfressender Tiere nicht mehr als Parasitismus bezeichnet werden, sie gehören aber als solche in das pflanzenpathologische Gebiet. Eine Einteilung der Fraßformen ist schon im Abschnitt der Krankheitsbilder (Seite 8) aufgeführt.

Neben den direkt mit der Nahrungsaufnahme der Parasiten zusammenhängenden Schädigungen der Wirtspflanze ist hier wieder die Gallenbildung als eine der verbreitetsten und wichtigsten Wirkungen des Parasitismus zu erwähnen, die als Reaktion auf Verletzungen und mechanische Reize, wie auch auf von den Parasiten ausgeschiedene chemische Stoffe zustandekommt.

Natürlich sind die Parasiten den Einflüssen der Umwelt in gleicher Weise unterworfen, wie ihre Nährpflanzen. Daher hat die

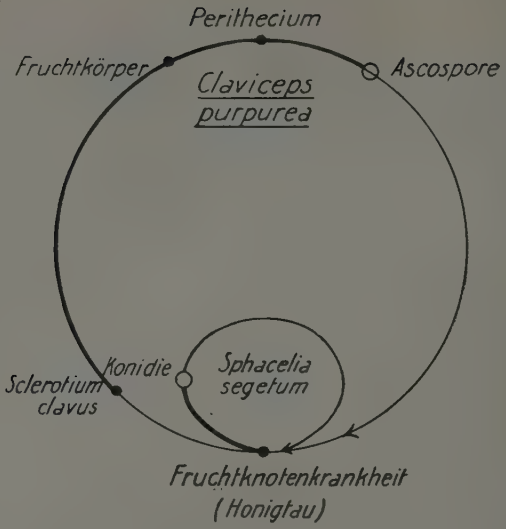

Fig. 1. Mutterkornpilz

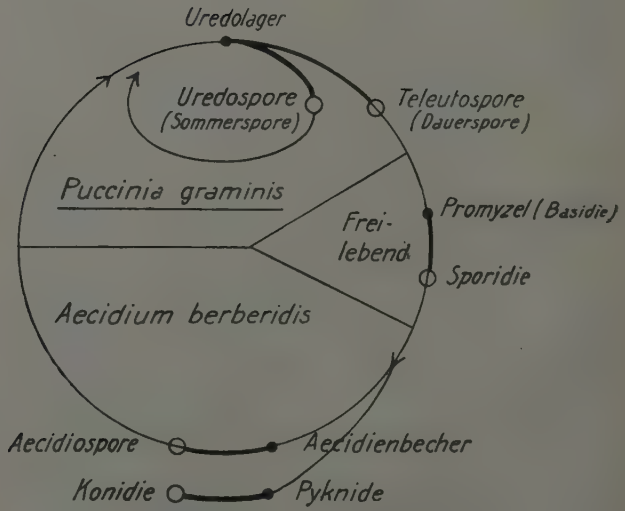

Fig. 2. Getreideschwarzrost (wirtswechselnd)

Entwicklungsgang von Pilzen (Orig.)

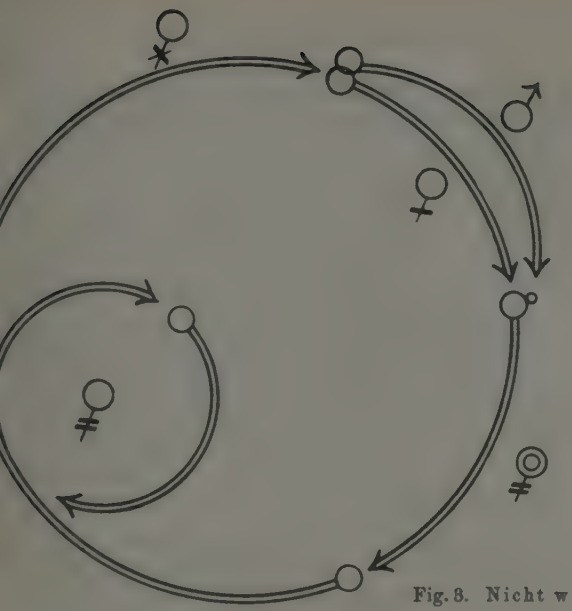

Fig. 3. Nicht wandernde Blattlaus

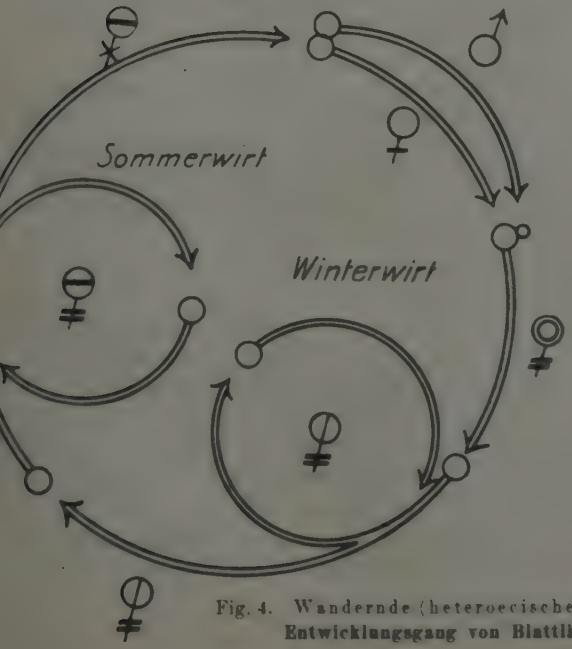

Fig. 4. Wandernde (heteroecische) Blattlaus

Erforschung der Parasiten sich nicht nur mit ihrer Systematik (Taxonomie) und ihrem Entwicklungsgang zu befassen, sondern auch mit ihrer Physiologie. Ihre Lebensintensität, Entwicklungsdauer und Fortpflanzung, kurz die Stärke ihres Auftretens ist von klimatischen Einflüssen, wie Temperatur, Feuchtigkeit, Licht und von der Beschaffenheit des Nährsubstrates abhängig. Außerdem entspricht der verschiedenen Anfälligkeit der Pflanzen nicht nur eine verschiedene Spezialisation der Parasiten, sondern auch innerhalb der Arten eine verschiedene Virulenz derselben Pflanze gegenüber. Daher gehen für die Erforschung der Krankheiten pathologische Physiologie und Physiologie der Parasiten ineinander über.

Der Einfluß der Witterung auf Pflanzenkrankheiten, direkt wie wir sehen werden, die umfangreichste aller Schadenwirkungen, ist auch indirekt einer der wichtigsten Faktoren und äußert sich ebenso den Parasiten wie der Pflanze gegenüber. Es braucht hier nur an die allgemeinsten Beispiele erinnert zu werden, daß in trockenem Klima und in trockenen Jahren die Insekten, in feuchten die Pilze eine größere Rolle spielen, daß sich bei Trockenheit insbesondere Milben und Blattläuse vermehren, oder daß Hochsommertemperaturen die Gefährlichkeit mancher Pilze, wie der *Phytophthora* einschränken.

Außer ihrer Lebensweise als Parasiten und Pflanzenfresser treten Tiere und unter ihnen besonders einige Insekten indirekt schädlich auf, indem sie Krankheiten übertragen[1]). Neben der mehr zufälligen Übertragung von Pilzsporen und Bakterien, die vielfach als Wundinfektion vor sich geht, ist hier die Übertragung der Viruskrankheiten durch saugende Insekten hervorzubeben. In solchen Fällen liegt oft in der Bekämpfung der Krankheitsüberträger das wirksamste Mittel zur Einschränkung der Krankheiten.

Wie sich bei wirtswechselnden Rostpilzen oder manchen durch blutsaugende Insekten übertragenen tierischen und menschlichen Krankheiten (z. B. Malaria) ein Teil des Entwicklungsganges der Parasiten in dem übertragenden Zwischenwirt abspielt, so ist auch neuerdings eine Pflanzenkrankheit bekannt geworden, bei welcher das Insekt nicht nur Überträger, sondern auch Zwischenwirt ist.

---

[1]) Insects as disseminators of plant diseases. Phytopathology 12. 1922, 225.

Es ist die Flagellatenkrankheit der Euphorbien[1]), deren Parasit im Milchsaft der Euphorbien lebt und als Zwischenwirt eine Wanze hat.

a) Pflanzen als Schädigungsursachen

Hierzu gehören Pflanzen der verschiedensten Organisationsstufen. Die wichtigste ist diejenige der Pilze, die, wo nicht Saprophyten, so durchweg Parasiten sind. Daneben sind Algen, Flechten, Gefäßkryptogamen und Blütenpflanzen nur in geringer Anzahl beteiligt, als Formenkreise, bei denen parasitische Lebensweise nur in besonderen Ausnahmefällen vorkommt oder überhaupt fehlt, die aber dann als Epiphyten oder schlechthin als Unkräuter (Nahrungskonkurrenten) gelegentlich zu Pflanzenschädlingen werden.

Schizomyceten, Spaltpilze, Bakterien

Einzelne oder in Fäden oder Gruppen vereinigte Zellen von primitivem Bau, die sich durch Teilung vermehren und Sporen direkt aus ihrem vegetativen Zellkörper oder im Innern desselben bilden. Hauptsächlich Saprophyten, außerdem Tier- und Pflanzenparasiten.

Die Bakteriosen sind eine erst spät und vorwiegend durch amerikanische Forschungen bekannt gewordene Gruppe von Pflanzenkrankheiten. Sie treten hauptsächlich als Fäulen (Naßfäulen und Dürren = Trockenfäulen) auf, und da solche, auch wenn sie von Pilzen herrühren oder erst nach dem Tode der Gewebe eintreten, stets von saprophytischen Bakterien begleitet sind, ist es oft schwierig, den Nachweis der Bakterien als eigentliche Ursache zu führen. In der Anfangszeit der Bakteriologie neigte man daher der Anschauung zu, daß Krankheiten des tierischen Organismus von Bakterien, diejenigen der Pflanzen dagegen nur von Pilzen verursacht seien.

Seitdem hat sich jedoch herausgestellt, daß Pflanzenbakteriosen sehr zahlreich sind und daß zwischen ihnen und den Mykosen kein prinzipieller Unterschied besteht. Die Bakterienkrankheiten sind klimatisch im allgemeinen durch schroffe Gegensätze der Temperatur- und Feuchtigkeitsgrade begünstigt und wohl deshalb im kontinentalen Klima von Nordamerika besonders wichtig.

[1]) Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten 1922, Heft 2/3.

Von den ungemein formenreichen Bakterien kommen pflanzenpathologisch hauptsächlich die Gattungen Bacterium, Bacillus und Pseudomonas in Betracht.

Außer den Fäulen verursachen die Bakterien sehr oft auch Gallenbildungen der Pflanzen. Der wichtigste Gallenerreger ist das *Bacterium tumefaciens*, der an vielen verschiedenartigen Pflanzen den sog. Bakterienkrebs (Crown-gall) erzeugt.

Bacillus amylovorus ist der Erreger der „fire blight" genannten Krankheit, einer der wichtigsten Obstbaumkrankheiten in Nordamerika; ihr Auftreten verursachte 1913 in Missouri einen Schaden von 25% des Ertrages. *B. phytophthorus* erzeugt die Schwarzbeinigkeit und neben anderen Arten eine Knollenfäule der Kartoffeln, *Pseudomonas campestris* die Braunfäule des Kohls. Von Interesse ist, daß der weitverbreitete Saprophyt *B. coli communis* auch als Pflanzenparasit auftreten kann.

Actinomyceten, Strahlenpilze

Die Actinomyceten werden vielfach zu den Bakterien gerechnet, nehmen aber im System eine selbstständige Stellung ein.

Von pflanzenpathologischer Bedeutung sind einige dieser Pilze als Erreger des gewöhnlichen Schorfes der Kartoffeln.

Myxomyceten, Schleimpilze

Der vegetative Körper besteht aus hautlosen Protoplasmamassen (Plasmodien) und die Sporen entstehen durch einfache Umbildung aus Teilen dieses Körpers.

Plasmodiophora brassicae, die überall verbreitete Kohlhernie oder Kropfkrankheit, ist der einzige wichtige Vertreter dieser Gruppe.

Algen

Von den Algen, die an und für sich keine Parasiten sind, können einzelne Arten in Pflanzengewebe eindringen und schädlich werden. Hierzu gehört als wichtigste *Cephaleuros virescens* am Teestrauch.

Fungi, Pilze

Chlorophyllfreie Saprophyten und Parasiten ohne echte Gewebe. Der Einteilung der Pilze liegen die Unterschiede im morphologischen Aufbau und in der Vermehrungsweise zugrunde.

Die Pilze haben die Fähigkeit der Assimilation verloren und sind chlorophyllos. Sie beziehen ihre organischen Nährstoffe unmittelbar aus ihrem Substrat und ernähren sich als Parasiten von lebenden Organismen oder als Saprophyten von abgestorbener organischer Substanz.

Als Parasiten befallen sie im wesentlichen Pflanzen und zwar solche jeder Organisationsstufe, einschließlich anderer Pilze, seltener Tiere. Die ektoparasitischen Pilze verbreiten ihr Myzel auf der Epidermis der Pflanzenorgane und entnehmen ihr die Nährstoffe durch Saugwarzen, Haustorien, welche in die Zellen hineinwachsen. Das Myzel der Endoparasiten durchzieht die Innengewebe der befallenen Pflanzenteile meist interzellular, wobei ebenfalls Haustorien die Zellen aussaugen oder in selteneren Fällen intrazellular, die Zellen durchbohrend.

Mit den Insekten zusammen bilden die Pilze die überwiegende Masse der Pflanzenschädlinge und verursachen die wirtschaftlich wichtigsten Krankheiten (insbesondere die Rostpilze, Brandpilze und Mehltaupilze). Die meisten durchziehen das Assimilationsgewebe und schädigen das Wachstum der Pflanzen durch Nährstoffentziehung. Andere wirken gewebezerstörend (z. B. Blattflecken) oder sie haben morphologische Veränderungen, Pilzgallen oder Mykozezidien zur Folge.

Normalerweise werden gesunde Pflanzenteile von den Pilzen befallen, doch findet sich eine große Anzahl von ihnen nur an absterbenden Organen, insbesondere Blättern; andere setzen sich als Schwächeparasiten hauptsächlich an kranken Pflanzen fest. Viele wichtige Pilze sind Wundparasiten, d. h. sie vermögen nur durch Verletzungen in die Pflanze einzudringen.

Die Vermehrung der Pilze ist durch die weitgehende Reduktion der geschlechtlichen Fortpflanzung und die Ausbildung ungeschlechtlicher Vermehrungsvorgänge charakterisiert.

Die ungeschlechtliche Vermehrung geschieht durch Sporen, die in sehr verschiedener Weise, meist an besonderen Hyphen und häufig in Fruchtkörpern, gebildet werden. Dabei ist Pleomorphie der Fruktifikation die Norm, da wenigstens zwei Sporenformen vorkommen und deren Anzahl bei den wirtswechselnden Rostpilzen bis auf fünf steigt.

Der vegetative Körper ist ein Myzel aus Zellfäden, den Hyphen, von normalem Zellenbau. Die Hyphen sind einzellige oder meist mehrzellige, verzweigte Fäden mit Spitzenwachstum.

Da die Fruktifikationsorgane der Einteilung und somit der Bestimmung der Fadenpilze zugrunde liegen, geben wir im nachfolgenden eine übersichtliche Zusammenfassung davon.

Sporen- und Fruchtkörperformen der Pilze

A. Geschlechtlich erzeugte Sporen (Fortpflanzungssporen)

1. Zygosporen, durch Kopulation zweier Zellen entstanden.
2. Oosporen, durch Befruchtung einer Eizelle durch ein Spermatozoid entstanden.

B. Ungeschlechtlich erzeugte Sporen (Vermehrungssporen)

1. Schwärmsporen, in Sporangien entstanden, nur noch bei Phykomyceten.
2. Chlamydosporen (und Endosporen), ruhend, aus einzelnen Hyphengliedern entstanden.
3. Konidien, exogene Sporen, an den Enden bestimmter fruktifizierender Hyphen, der Konidienträger, abgeschnürt.
   a) Unverzweigte Konidienträger. Die Sporen werden in Ketten (Oidium) oder einzeln endständig abgeschnürt. Hierher gehören auch die Uredo- oder Sommersporen, Teleuto- oder Wintersporen und die Konidien aus den Pykniden der Rostpilze.
   b) Verzweigte Konidienträger. Die Sporen werden in ausstrahlenden Ketten (*Aspergillus*) oder in büschelig vereinigten Ketten (*Piptocephalis*) abgeschnürt, oder einzeln an den Enden mehrfach gegabelter (*Penicillium*) und unregelmäßig verzweigter (*Peronospora*) Konidienträger gebildet.
   c) Basidien. Konidienträger mit 4 endständigen, auf Sterigmen stehenden Sporen, den Basidiosporen.
4. Endogene Sporen, durch freie Zellbildung entstehend.
   a) In Sporangien, köpfchenförmigen Behältern in großer Anzahl entstanden (*Mucor*).
   b) Ascosporen oder Schlauchsporen, in schlauchförmigen Zellen (Asci) meist in begrenzter Anzahl gebildet.

Die Fruchtträger (Konidienträger, Sporangien, Asci) können in Fruchtkörpern verschiedenster Art vereinigt sein.

1. Im einfachsten Falle stehen sie in Bündeln beisammen.
2. Sie gehen aus einer zusammenhängenden Schicht, einem Sporenlager oder einem Hymenium (Basidio- und Ascohymenium) hervor.
3. Sie entstehen in komplizierteren Früchten, in denen das Hymenium meist auf einer besonderen Schicht, dem Stroma, liegt. Sterile, zwischen den fruktifizierenden vorkommende Hyphen heißen Paraphysen.

Solche Fruchtkörper sind:

a) Pykniden; Das Hymenium ist in krugförmige Behälter eingesenkt; sie produzieren Konidien (Pyknokonidien).

b) Perithecien; rundliche oder krugförmige Gehäuse, mit enger Mündung; die Schlauchfrüchte der Pyrenomyceten.

c) Apothecien; offene, becherförmige Schlauchfrüchte der Discomyceten.

d) Ächidien; offene Sporenbecher der Rostpilze, in denen Chlamydosporen entstehen.

e) Hutpilze und Schwämme; Fruchtkörper mit freiliegendem Basidiohymenium, das auf besonderen Erhebungen oder Lamellen und in Röhren lokalisiert ist.

Die Sporen selbst sind in Größe und Form sehr verschieden ausgestaltet; ihre Membran ist bei einigen noch besonders verdickt und mit warzen- oder netzartigen Erhebungen versehen; mehrzellige Sporen werden als septiert (ein- bis mehrfach septiert) bezeichnet.

Für die Überwinterung der Pilze sind verschiedene Einrichtungen ausgebildet. Zur Überwinterung ist hier auch das Ausdauern der Art über andere ungünstige Zeitperioden, wie Hitze und Trockenheit, die in warmem Klima eine Vegetationsruhe bedingen, zu rechnen, sowie auch Nahrungsmangel, der durch Absterben oder Austrocknen des Substrates eintritt. Sie geschieht im einfachsten Falle als Ausdauern des vegetativen Myzels (*Uromyces*, *Nectria*, *Polyporus*) in überwinternden Pflanzenorganen. Auch einzelne Myzelteile können frei oder in abgestorbenen Pflanzenteilen überwintern. Anderseits können Myzelteile auch als Dauermyzel zu besonders geformten Körpern aus dichtem pseudoparenchymatischem Gewebe, den Sklerotien, umgebildet und erhärtet sein. Außerdem

ist die Sporenbildung vielfach eine Einrichtung für Ausdauer und Überwinterung der Art. So werden im Herbst oder bei Eintritt sonstiger ungünstiger Verhältnisse von vielen Pilzen Dauersporen oder höhere Fruchtformen mit ausdauernden Fruchtkörpern gebildet. Dagegen sind die Konidien meist nicht haltbar und nur für die Ausbreitung der Art und sofortige Keimung bestimmt.

Der Ausbreitung der Pilze dienen fast ausschließlich die Sporen, die durch Wind und Insekten, aber auch mit Pflanzenteilen, wie Früchte, Samen oder Ableger der Wirtspflanze verschleppt werden können. Eine besondere Anpassung für die Verschleppung von Konidien durch Insekten ist z. B. bei der Sphaceliaform des Mutterkornpilzes vorhanden.

Die Benennung der Pilze richtet sich bei den wirtswechselnden und sonst pleomorphen Arten nach der Dauerfruchtform.

Eingeteilt werden die Fadenpilze in 4 Hauptgruppen: Die Phykomyceten, die noch den Algen nahestehenden niedrigsten echten Pilze; dann die Ascomyceten und Basidiomyceten, die beiden Zweige der höheren Pilze, und als Anhang die *Fungi imperfecti*, die besonders zahlreich und pflanzenpathologisch wichtig sind. Die letzteren sind Pilze, von denen keine höhere Fruchtform bekannt ist und die daher nicht in das System eingereiht werden können.

1. Klasse. Phykomyceten, Algenpilze

Das oft reichverzweigte Myzel besteht aus einer einzelligen Hyphe. Vermehrung durch Endosporen; zuweilen durch Schwärmsporen und Konidien. Fortpflanzung durch Kopulation von Myzelzweigen, Zygosporenbildung und durch Befruchtung in Oogonien gebildeter Oosporen.

1. Ordnung. Oomyceten

Fortpflanzung durch dickwandige, braune Oosporen; Vermehrung durch Konidien, Endosporen oder Schwärmsporen.

Fam. Chytridiaceen. Mikroskopisch kleine Parasiten. *Synchytrium* in der Oberhaut von Samenpflanzen. Hierher gehört *Chrysophlyctis endobiotica*, der Kartoffelkrebs, der hauptsächlich in England, Deutschland und Nordamerika in der Ausbreitung begriffen und zurzeit eine der gefährlichsten Pflanzenkrankheiten ist.

Fam. Saprolegniaceen. Im allgemeinen saprophytisch, aber fakultativ parasitisch. *Pythium debaryanum*, sehr schädlich auf Keimpflanzen, verursacht das Umfallen (Wurzelbrand).

Fam. Peronosporaceen, falsche Mehltaupilze. Die verzweigten bäumchenförmigen Konidienträger treten aus Spaltöffnungen hervor und bilden einen Rasen, der flaumig aussieht und nicht abwischbar ist. Viele wichtige Krankheiten, unter ihnen *Phytophthora infestans*, die Kraut- und Knollenfäule der Kartoffel, *Plasmopara viticola*, die Blattfallkrankheit und Lederbeerenkrankheit der Weinrebe, *Peronospora parasitica* auf Kohlarten und *Bremia lactucae* auf Salat.

Fam. Cystopodiaceen. Parasitisch auf Landpflanzen. *Albugo candida*, weißer Schimmel oder weißer Rost auf *Capsella bursa pastoris* und anderen meist wilden Kruziferen; gallenbildend.

2. Ordnung. Zygomyceten

Fortpflanzung durch Kopulation (Zygosporen); Vermehrung durch Konidien und in Sporangien gebildete Sporen.

Fam. Entomophthoraceen. Parasitisch in Insekten. Die Gattung *Empusa* und *Entomophthora* in Raupen, Zikaden, Fliegen usw.

Fam. Mucoraceen. Saprophytisch; *Mucor mucedo*, Köpfchenschimmel, besonders auf Mist; *M. mucedo* und andere Arten treten auch bei Fruchtfäulen auf.

2. Klasse. Ascomyceten, Schlauchpilze

Die Hauptfruchtform sind die Asci oder Schläuche, eine Sonderform des Sporangiums. Als Nebenfruchtformen kommen Konidien und Chlamydosporen vor.

1. Unterordnung. *Hemiasceae.*

Zahl der Sporen in den Schläuchen unbestimmt. Parasitisch in krautigen Pflanzen; ohne praktische Bedeutung.

2. Unterordnung. *Euasceae.*

Nur 2 bis 8 Sporen in einem Schlauch.

1. *Protoascineae.* Ohne Hymenium.

Fam. Saccharomyceten, Hefepilze (Sproßpilze). Saprophytische Gärungserreger.

2. *Euascineae.* Mit Hymenium.

1. Gruppe. *Protodiscineae.* Nur Hymenium, ohne besondere Fruchtkörper. Endophytische Pflanzenparasiten; z. T. mit Sklerotien.

Außerdem Vermehrung durch Konidien; z. T. in besonderen Fruchtkörpern, Pykniden.

Fam. Exoascaceen. Hymenium unter der Cuticula. *Exoascus (Taphrina) pruni*, an Zwetschen (Taschenbildung); *E. deformans*, Kräuselkrankheit des Pfirsichs; *E. cerasi* und *insititiae*, Hexenbesen.

2. Gruppe. *Carpoasceae*. Das Hymenium kleidet die Hülle (Peridie) der Schlauchfrüchte (Perithecien) aus und trägt neben den Asci Paraphysen, die an sterilen Stellen Periphysen genannt werden. An die Stelle der Paraphysen können Konidienträger treten (*Pezizaceae*). Schläuche direkt auf dem Myzel oder auf dem Stroma. Konidienfrüchte zum Teil auf demselben Stroma, wie die Schlauchfrüchte.

1. U.-Gr. *Plectascineae*. Fruchtkörper meist rundlich und geschlossen, mit steriler Oberflächenschicht. Schläuche regellos im Fruchtkörper.

Fam. Aspergillaceen. *Aspergillus*, Kolbenschimmel, und *Penicillium*, Pinselschimmel, häufige Schimmelpilze; *P. glaucum*, grüne Fruchtfäule. *Thielavia basicola*, Wurzelparasit.

2. U.-Gr. Pyrenomyceten, Kernpilze. Schläuche am Grunde des Fruchtkörpers, Hülle geschlossen oder sich nur mit einem Loch öffnend.

Fam. Erysiphaceen. Echte Mehltaupilze. Die senkrechten unverzweigten Konidienträger schnüren in Ketten eiförmige Konidien ab (*Oidium*) und bilden mit dem oberflächlich wachsenden Myzel einen flachen mehlähnlichen Belag, der sich abwischen läßt. Ernährung des Myzels parasitisch durch Haustorien; Schläuche kurz in kugeligen Perithezien; diese mit Anhängseln. Viele wichtige Arten, darunter *Podosphaera leucotricha*, Apfelmehltau, *Sphaerotheca humili*, Hopfenmehltau, *S. pannosa*, Rosenmehltau, *S. mors uvae*, amerikanischer Stachelbeermehltau (Stachelbeerpest), *Uncinula necator (Oidium Tuckeri)* echter Rebenmehltau (*Oidium*, Samenbruch), *Microsphaera grossulariae*, europäischer Stachelbeermehltau, *M. quercina*, Eichenmehltau.

Fam. Perisporiaceen, Rußtaupilze. Saprophytisch, ohne Haustorien. Verschiedene Arten (als *Apiosporium*, *Fumago*, *Capnodium* usw. bezeichnet) bilden die Rußtauüberzüge, die oberflächlich auf den Pflanzen wachsen und meist infolge des Honigtaus der Blattläuse erscheinen.

Fam. Hypocreaceen. Weiche lebhaft gefärbte Gehäuse. Hierher gehört ein Teil der als *Fusarium* bezeichneten sichelartigen Konidienformen auf Getreidearten (*Fusarium roseum*); ferner *Nectria cinnabarina*, nach deren Konidienlagern die Rotpustelkrankheit der Laubhölzer benannt ist, und *Nectria galligena (N. ditissima)*, der Erreger des Apfelbaumkrebses; *Polystigma rubrum*, Rotfleckenkrankheit auf *Prunus*-Arten. *Cordiceps (Isaria)* ist parasitisch in Insekten.

Claviceps purpurea ist das bekannte Mutterkorn des Getreides, dessen verschiedene Stadien ursprünglich unter besonderen Namen bekannt geworden sind. Die Konidien befallen den Fruchtknoten der Blüte und erregen den Honigtau (*Sphacelia*); später verdickt sich das Myzel in dem Fruchtknoten und verhärtet, wodurch das überwinternde Sklerotium, das Mutterkorn (*Sclerotium clavus, Secale cornutum*), entsteht. Aus diesem wachsen im nächsten Jahre die gestielten Köpfchen, das Stroma, hervor, in welche die mit einer Mündung versehenen Perithezien eingesenkt sind. Die fadenförmigen, einzelligen Ascosporen befallen wieder die Getreideblüten (vergl. Fig. 1).

Fam. Dothideaceen. *Phyllachora graminis*, Blattschorf der Gräser, *P. trifolii*, schwarze Flecken auf Klee. *Plowrightia morbosa*, schwarzer Krebs an Steinobst in Nordamerika.

Fam. Sphaeriaceen. *Rosellinia quercina*, Eichenwurzeltöter; *R. (Dematophora) necatrix*, der Wurzelschimmel der Weinrebe, bildet im Kambium und im Holz Myzelstränge (Rhizomorphen). An diesen entstehen auf Sklerotien die Konidien und später auch Pykniden und Perithezien.

Fam. Mycosphaerellaceen. Hierher gehören viele Pilze, deren Pyknidenformen als Blattfleckenkrankheiten auftreten und zum Teil unter besonderem Namen als *Phyllosticta*, *Septoria* usw. (s. S. 84) bekannt sind.

Mycosphaerella sentina, Fleckenkrankheit der Birnblätter, *M. fragariae*, Fleckenkrankheit der Erdbeerblätter. *Guignardia (Laestadia) Bidwelli*, black-rot oder Schwarzfäule der Trauben.

Fam. Pleosporaceen. Verschiedene wichtige Gattungen. *Venturia inaequalis* und *V. pirina* sind die Perithezienformen zu *Fusicladium dendriticum* und *F. pirinum*, der Fusikladium- oder Schorfkrankheit (Grind) des Kernobstes, denen an Kirschen die weniger gefährliche *Venturia (Fusicladium) cerasi* entspricht; die schwarz-

grünen samtartigen Flecken werden durch die Konidienträger gebildet. *Pleospora trichostoma* ist in seiner Konidienform *Helminthosporium gramineum* als Erreger der Streifenkrankheit der Gerste bekannt. *Leptosphaeria herpotrichoides* ist der Roggenhalmbrecher, Hyphen als graugrüne Fäden an den unteren Blattscheiden und im Halm; *Ophiobolus herpotrichus*, der Weizenhalmtöter, beide als „Fußkrankheit" bezeichnet. *Leptosphaeria circinans*, der Wurzeltöter der Luzerne, auch an Klee und Rüben, ist unter dem Namen *Rhizoctonia violacea (Rh. medicaginis)* bekannt. Die Konidienform von *L. Napi* bildet die Schwärze des Rapses an Blättern, Stengeln und Schoten. *Dilophia graminis* (Konidienform *Dilophospora graminis*) ist die Federbuschsporenkrankheit des Getreides.

Fam. Gnomoniaceen. *Gnomonia erythrostoma*, Erreger der Kirschbaumkrankheit, in Blättern und jungen Kirschen, die klein bleiben; *G. veneta* gehört zu der Konidienform *Gloeosporium nervisequum*, der Nervenfleckigkeit der Platane.

Fam. Valsaceen. *Valsa leucostoma*, Erreger des Kirschbaumsterbens, bei dem die Zweige absterben und Gummibildung auftritt.

3. U.-Gr. Discomyceten, Scheibenpilze. Schläuche am Grunde des Fruchtkörpers, Hülle zuletzt halbkugelig, Hymenium bloßliegend.

Fam. Hypodermataceen. *Lophodermium pinastri*, Kiefernschütte, befällt die Nadeln, besonders in Saatkämpen.

Fam. Phacidiaceen. *Rhytisma acerinum*, der Ahornrunzelschorf, verursacht die schwarzen Flecken der Ahornblätter; sie bestehen aus Sklerotien, in denen zuerst Konidien gebildet werden; die Apothezien entstehen erst im Frühjahr auf den toten Blättern.

Fam. Mollisiaceen. *Pseudopeziza trifolii*, Blattfleckenkrankheit des Klees. *P. tracheiphila*, roter Brenner der Rebenblätter; Myzel in den Gefäßen der Blattnerven. *P. ribis* ist die Ascusform von *Gloeosporium ribis*, der Blattfallkrankheit der Johannisbeere, die in Form zahlreicher, kleiner brauner Blattflecken auftritt.

Fam. Helotiaceen. *Dasyscypha calycina*, der Lärchenkrebs, ist ein Wundparasit und wuchert in der Rinde. Zahlreiche Krankheiten gehören zu der Gattung *Sclerotinia*, darunter zu den wichtigsten die Obstbaumsklerotinien, deren Konidienform als Moniliakrankheit bekannt ist. An Äpfeln und Birnen findet sich *Scl. fructigena (Monilia fructigena)*; an Aprikosen *Scl. laxa (M. laxa)*; an anderem Steinobst, besonders an Kirschen *Scl. cinerea (M. cinerea)*.

Die Pilze befallen teils die Zweige, die sie zum Absterben bringen, teils Blüten und Früchte; an letzteren entstehen Fruchtfäule oder Fruchtmumien. *Scl. fuckeliana* ist die Ascusform der bekannten, ursprünglich saprophytischen *Botrytis cinerea*, die an der Rebe als grauer Traubenschimmel, Graufäule, Sauerfäule, Edelfäule auftritt; auch an vielen anderen Pflanzen, z. B. an Rosen, kommt diese Botrytisfäule vor. *Scl. libertiana* ist als Rapskrebs, Hanfkrebs und von vielen anderen Pflanzen bekannt. *Scl. trifoliorum* ist der Erreger des Kleekrebses; er bildet auf der Oberfläche der Pflanze Sklerotien aus.

3. Klasse. Basidiomyceten

Die Hauptfruchtform ist die Basidie, die in verschiedener Ausbildung auftritt, wobei noch die sehr mannigfaltige Ausgestaltung des Basidiohymeniums und der dieses tragenden Fruchtkörper hinzukommt. Zu den Basidiomyceten gehören die zahlreichen Hutpilze oder Schwämme; pflanzenpathologisch sind hauptsächlich die Brand- und Rostpilze von Bedeutung. Nebenfruchtformen sind nur bei den letzteren reich ausgebildet.

1. U.-Ordn. *Hemibasidii*. Basidienähnliche Konidienträger.

Fam. Ustilagineen, Brandpilze. Der Entwicklungsgang der Brandpilze, die auch als selbständige Gruppe zwischen den Ascomyceten und Basidiomyceten aufgefaßt werden können, verläuft in der Weise, daß aus der Brandspore (Chlamydospore) ein wenigzelliges Promyzel (das Hemibasidium) hervorgeht, an welchem die Konidien (Sporidien) gebildet werden; das von diesen ausgehende Myzel infiziert die Pflanze. Schädlich sind die Brandpilze fast ausschließlich an Getreidearten, wo sie eine volkswirtschaftlich höchst bedeutende Rolle spielen.

Man unterscheidet Brandpilze mit Keimlingsinfektion, bei denen die Sporen dem Korn nur äußerlich anhaften und erst in die keimende Pflanze eindringen, und solche mit Blüteninfektion, die schon in die Blüte eindringen und als Myzel im Korn vorhanden sind. Der Pilz wächst interzellular in der Pflanze, die dabei kaum geschädigt wird; erst bei der Bildung der Brandsporen, die meist in den Ähren, aber auch an den Halmen der Gramineen erfolgt, wird er sichtbar und zerstört die Gewebe.

Brandpilze mit Keimlingsinfektion (Bekämpfung durch Beizen mit Chemikalien) sind: Der Stinkbrand oder Steinbrand des Weizens, *Tilletia tritici*; der seltenere Stinkbrand *T. laevis*, mit glattwandigen Sporen; der Haferflugbrand, *Ustilago avenae*; der Gerstenhartbrand, *Ustilago hordei*; der Roggenstengelbrand, *Urocystis occulta*, und der Hirsebrand, *U. panici miliacei*, der die jungen Rispen völlig zerstört. Brandpilze mit Blüteninfektion (Bekämpfung durch Heißwasserbeizung) sind: Der Gerstenflugbrand, *Ustilago nuda*, und der Weizenflugbrand, *U. tritici*.

Anders als die genannten verhält sich der Maisbrand oder Beulenbrand des Mais, *Ustilago maydis*, der große, mit einer silbergrauen Haut überzogene Brandbeulen (Gallen) an den Stengeln und kleinere an Blättern, Blütenrispen und Kolben erzeugt. Er befällt die noch jungen Teile der Pflanze durch Triebinfektion während der ganzen Wachstumszeit.

Von anderen Brandpilzen verdienen noch der besonders in Nordamerika schädliche Zwiebelbrand, *Urocystis cepulae*, der auf den Zwiebelschalen und auch auf anderen Organen schwarze Brandbeulen bildet, und der Brand der Dattelpalmenblätter, *Graphiola phoenicis*, der kleine harte Schwielen erzeugt, Erwähnung.

2. U.-Ordn. *Eubasidii*. Echte Basidien mit Sterigmen.

1. Gruppe. Protobasidiomyceten. Geteilte Basidien aus vier übereinanderstehenden Zellen.

Uredineen, Rostpilze. Noch schädlicher als die Brandpilze, und zwar in der Hauptsache ebenfalls an Getreidearten, sind die sehr zahlreichen Rostpilze. Charakteristisch für sie ist die besonders weitgehende parasitische Anpassung, die in der Bildung von bis zu fünf verschiedenen Sporenformen, im Vorkommen des Wirtswechsels und der meist sehr engen Spezialisierung ihren Ausdruck findet. Die Schädlichkeit der Rostpilze beruht darauf, daß das interzellulare Myzel die Zellen der Wirtspflanze aussaugt und die zahlreichen Sporenlager die assimilierende Fläche zerstören. Die befallenen Pflanzen wachsen schwächlich und geben nur geringen Ertrag. Vielfach treten auch Gallenbildungen auf.

Der Entwicklungsgang der Rostpilze geht im Frühjahr von den Teleutosporen (Teliosporen), die den Brandsporen der Ustilagineen entsprechen, aus. Sie keimen zu den Basidien, einem vier-

zelligen Promyzel aus, an dem die Sporidien (Basidiosporen) entstehen, welche die Nährpflanze infizieren. Aus dem Myzel gehen dann verschiedene Fruchtkörper hervor, die Becherfrüchte (Aecidien) und die Uredolager mit den reihenweise gebildeten Aecidio- (Aecio-) sporen und den einzeln auf Stielen entstehenden Uredosporen, und die kleinen Pykniden (Spermogonien) mit den Konidien (Spermatien). Diese letzteren keimen nicht; ihre Funktion ist unbekannt. Während die Uredosporen die Sommersporen darstellen, sind die meist auf denselben Lagern später entstehenden Teleutosporen (Teliosporen) die Herbst- oder Wintersporen. Sie sind zweizellig, sehr dickwandig und keimen erst nach Überwinterung im Frühjahr aus.

Der Wirtswechsel (Heteroecie) besteht nun darin, daß zur Vollendung des vollständigen Entwicklungsganges zwei verschiedenartige Nährpflanzen notwendig sind. So können beim Getreideschwarzrost, *Puccinia graminis*, die Keimschläuche der Sporidien nur die Blätter der Berberitze infizieren. Dort entstehen oberseits Pykniden, unterseits Aecidien. Die Aecidiosporen infizieren aber nicht die Berberitze, sondern nur das Getreide, auf welchem erst die Uredo- und die Teleutosporen entstehen können. Aus den Teleutosporen, bezw. der Basidie gehen wieder Sporidien hervor, welche nicht das Getreide, sondern nur die Berberitze befallen können. Die Berberitze ist also in diesem Falle der Zwischenwirt für den Getreiderost. Es muß jedoch erwähnt werden, daß auch Uredolager überwintern können und daher z. B. in unserem Klima die Erhaltung des Schwarzrostes nicht ausschließlich auf den vollständigen Entwicklungsgang über den Zwischenwirt angewiesen ist, wogegen andere Arten auch noch durch perennierendes Myzel überwintern (vergl. Fig. 2).

Die Spezialisierung der Rostpilze erstreckt sich nicht nur darauf, daß wie bei anderen Pilzen eine Art auf eine bestimmte Nährpflanze beschränkt ist, sondern sie geht hier noch weiter, indem zu einer an einen Aecidienwirt gebundenen Art Spezialformen gehören, die ihre Teleutosporen auf verschiedenen Wirtspflanzen entwickeln. Diese morphologisch nicht unterscheidbaren Formen bezeichnet man als biologische Arten oder auch als Gewohnheitsrassen. So gibt es beim Schwarzrost für die gemeinsame Aecidienform auf der Berberitze eine besondere Teleutosporenform auf Roggen und

Gerste und einigen anderen Gramineen, eine andere Teleutosporenform auf Hafer, Raygras usw.

Zu den wirtswechselnden Rostpilzen gehören vor allem die Getreideroste: der Schwarzrost, *Puccinia graminis*, auf Roggen, Gerste, Weizen und Hafer, Aecidien auf *Berberis vulgaris*; der Braunrost des Roggens, *P. dispersa*, Aecidien auf *Anchusa arvensis* und *A. officinalis*; der Braunrost des Weizens, *P. triticina*, Aecidien unbekannt; der Gelbrost, *P. glumarum*, auf Weizen, Roggen und Gerste, Aecidien unbekannt; der Zwergrost der Gerste, *P. simplex*, Aecidien auf *Ornithogalum umbellatum*; der Kronenrost des Hafers, *P. coronifera*, Aecidien auf *Rhamnus cathartica*.

Die wichtigeren Rostpilze verteilen sich auf die zwei folgenden Familien:

Fam. Melampsoraceen. Teleutosporen ungestielt. Zu *Cronartium ribicola* gehört als Aecidienform *Peridermium strobi*, der Weymouthskiefernblasenrost; beide Formen sind in Nordamerika sehr schädlich. *Melampsora caryophyllacearum* hat als Aecidienform das *Aecidium elatinum*, den Hexenbesen und Krebs der Weißtanne; *M. pinitorqua* auf der Zitterpappel das *Caeoma pinitorquum*, den Kieferndreher oder Drehrost. Ohne Wirtswechsel (autoecisch) ist der Leinrost, *M. lini*.

Fam. Pucciniaceen. Teleutosporen gestielt. Bei *Gymnosporangium sabinae* fehlen die Uredosporen, das Aecidium ist als *Roestelia cancellata*, Birnengitterrost, bekannt. Die Aecidien sind dagegen bei *Hemileia vastatrix*, dem Kaffeerost, unbekannt. Aus der Gattung *Uromyces* sind schädliche Arten: *U. appendiculatus* auf Bohnen, *U. fabae* auf Pferdebohnen, *U. trifolii* auf Klee, *U. betae* auf Rüben und *U. pisi* auf Erbsen; zu letzterem gehört *Aecidium euphorbiae* auf *E. cyparissias*. Zur Gattung *Puccinia* gehören außer den Getreiderosten: *P. asparagi*, der Spargelrost, und *P. apii*, der Sellerierost, beide autoecisch. *P. Pringsheimiana* auf *Carex*-Arten hat als Aecidienform den Stachelbeerrost. Andere wichtigere Arten sind auch der *Chrysanthemum*-Rost, der Malvenrost und aus der Gattung *Phragmidium* der Rosenrost, *Ph. subcorticium*.

2. Gruppe. Autobasidiomyceten. Einzellige keulenförmige Basidien mit vier endständigen Sterigmen.

1. U.-Gr. *Exobasidiinae*. Basidien keulenförmig, auf freiliegendem Hymenium.

Fam. Exobasidiaceen. Entsprechen durch die freiliegenden Basidien den *Exoascaceae* bei den Ascomyceten und sind wie diese Gallenerreger. *Exobasidium vaccinii* auf der Preißelbeere.

2. U.-Gr. Hymenomyceten. Basidiohymenium auf einem Fruchtkörper, der aus vielfach verzweigten und verflochtenen Hyphen besteht. Konidien selten.

Fam. Corticiaceen, Rindenpilze. Fruchtkörper schimmelartig. *Hypochnus solani*, der Grind der Kartoffeln, mit *Corticium vagum* var. *solani* und *Rhizoctonia solani* identisch.

Fam. Thelephoraceen, Rindenpilze. Fruchtkörper lederig oder holzig. *Stereum purpureum* im Holz, Ursache des Milch- oder Bleiglanzes der Obstbäume; *St. hirsutum*, Holzzerstörer. *Thelephora laciniata*; die Fruchtkörper überziehen oft große Strecken und können dabei Saatbeete ersticken.

Fam. Clavariaceen, Keulenpilze. Fruchtkörper fleischig, keulig oder baumförmig. *Typhula graminum*, Typhulafäule des Getreides; Sklerotien an den abgestorbenen jungen Blättern.

Fam. Polyporaceen, Löcherschwämme. Hymenium auf Falten oder in Röhren. Die artenreiche und vielgestaltige Familie der Löcherschwämme enthält viele Holzzerstörer, von denen ein Teil auch parasitisch auftritt. *Merulius lacrymans*, Hausschwamm; *Fomes annosus* (*Trametes radiciperda*), Wurzelschwamm, Stockfäule, Rotfäule, an Nadeln und Laubhölzern schädlich. *Polyporus caudicinus* (*P. sulfureus*), besonders an Obstbäumen; *P. squamosus* an Obstbäumen. *Trametes pini*, der Kiefernbaumschwamm, erzeugt die Rot- oder Kernfäule.

Fam. Agaricaceen, Hutpilze, Blätterschwämme. Hymenium auf Lamellen. Von den Hutpilzen hat nur *Armillaria mellea*, der Hallimasch, größere Bedeutung; er befällt Laub- und Nadelholz und bildet strang- oder bandartige, braune bis schwarze Rhizomorphen.

3. U.-Gr. Gasteromyceten. Fruchtkörper vor der Reife geschlossen. Hierzu nur eine Art, die gelegentlich parasitisch auftreten kann, *Ithyphallus impudicus*, die Gichtmorchel, an Reben aus der Fam. Phallaceen, zu der im übrigen holzzerstörende Pilze gehören.

Anhang. Fungi imperfecti

Hierher gehören neben einer Anzahl steriler Myzelien die ungemein zahlreichen Pilze, von denen nur Konidienfruktifikationen bekannt sind. Sie sind ursprünglich teils von Ascomyceten, teils von Basidiomyceten abzuleiten, können aber, da die höhere Fruchtform fehlt, nicht in das System eingereiht werden.

Pflanzenpathologisch spielen sie durch einige umfangreiche Gattungen, die bis über 1000 Arten zählen, eine wichtige Rolle. Die meisten Blattfleckenkrankheiten gehören hierher; besonders auch in Nordamerika treten viele Arten sehr schädlich auf.

Die Einteilung erfolgt nach der Bildungsweise, weiterhin nach Form und Farbe der Sporen, und die Namen der Familien sind teilweise von denjenigen der Familien von Asco- und auch Basidiomyceten, zu welchen sie nach der Fruktifikationsform in näherer Beziehung stehen, abgeleitet.

Sphaeropsidales. Konidien in Pykniden oder kammerartigen Höhlungen.

Fam. Sphaerioidaceen. Mit kugeligen schwarzen Pykniden. *Phyllosticta* und *Phoma*, die in zahllosen Arten auftreten, bilden begrenzte Flecken, erstere auf Blättern, letztere auf anderen Organen. *Sphaeropsis malorum* ist ein Krebserreger des Apfelbaumes in Nordamerika; *Ascochyta pisi* verursacht die Brennfleckenkrankheit der Erbsen auf Blättern und Hülsen; hauptsächlich auf der Oberfläche der Blätter lebt *Actinonema rosae*. Aus der großen Gattung *Septoria* mit linsenförmigen Pykniden in Blattflecken sind wichtigere Arten *S. graminum* und *S. tritici*, Schwarzfleckigkeit der Weizenblätter; *S. petroselini* ist an Petersilie und mehr noch die var. *apii* an Sellerie schädlich; andere Arten sind schon bei den Ascomyceten aufgeführt, da sie sich als zu diesen gehörig herausgestellt haben.

Melanconiales. Konidien auf zuletzt freiliegenden Konidienlagern.

Fam. Melanconiaceen. *Gloeosporium*, eine sehr große Gattung mit flach scheibenförmigen oder etwas polsterförmigen Lagern und oft durch ihren Schleim zu Klumpen zusammengeklebten Sporen, verursacht meist Anthraknosen oder Schwärzen, die teilweise schon unter verschiedenen Ascomycetenfamilien aufgeführt sind. Wichtiger sind außerdem: *Gl. fructigenum*, die Bitterfäule der Äpfel;

Gl. caulivorum, der Stengelbrenner des Klees; *Gl. lindemuthianum*, die Brennfleckenkrankheit der Bohnen; *Gl. ampelophagum*, der schwarze Brenner der Reben; *G. tiliae*, eine Blattkrankheit der Linde, bei der die befallenen Blattstiele abbrechen.

Hyphomyceten. Konidien an einzeln stehenden oder zu Strängen (Koremien) verbundenen Trägern.

Fam. Mucedinaceen. Hierher gehören die schon bei den Ascomyceten erwähnten Gattungen *Oidium*, *Monilia* (Polsterschimmel) und *Botrytis* (Traubenschimmel). Als Saprophyten sind die Aspergillusarten wichtig. *Verticillium alboatrum* lebt in den Gefäßen der Kartoffelpflanzen und verursacht die Welkekrankheit.

Fam. Dematiaceen. *Fusicladium* und *Fumago* sind schon genannt (s. *Venturia*, S. 77). *Cladosporium herbarum*, ein häufiger Schimmelpilz, tritt als Schwächeparasit auch schädlich auf und verursacht die Schwärze der Getreidearten; *Cl. fulvum* erzeugt eine Welkekrankheit der Tomaten. *Clasterosporium carpophilum* ist die Ursache der Schußlöcherkrankheit und eines Gummiflusses beim Steinobst. *Helminthosporium gramineum*, die Streifenkrankheit der Gerste, ist schon als Konidienform von *Pleospora trichostoma* erwähnt; *H. teres* ist die Blattfleckenkrankheit der Gerste, während auf Hafer *H. avenae* vorkommt. Die Silberflecken der Kartoffeln rühren von *Spondylocladium atrovirens* her. Eine Fleckenkrankheit des Sellerie verursacht *Cercospora apii*, *C. beticola* diejenige der Rüben. *Alternaria* (*Macrosporium*) *solani* erzeugt die Dürrfleckenkrankheit der Kartoffeln, die besonders in Nordamerika schädlich auftritt (*early blight* oder *potato blight*).

Fam. Stilbaceen. Außer Saprophyten und einigen Pflanzenparasiten gehört hierher die zum Teil auf Insekten parasitische Gattung *Isaria*. *I.* (*Metarhizium*) *anisopliae* ist ein weitverbreiteter Parasit, der zur Vertilgung von Nashornkäferlarven praktische Verwendung gefunden hat.

Fam. Tuberculariaceen. Hiervon sind *Tubercularia* bei dem Ascomyceten *Nectria*, *Sphacelia* bei *Claviceps* schon erwähnt. Eine sehr wichtige, hierher gehörige Gattung ist *Fusarium*, von der ebenfalls bei einigen Arten die betreffenden Ascomyceten bekannt sind. Die Gattung ist durch ihre sichelförmigen, septierten, verschiedenartig hellen Konidien und das häufig auffällig gefärbte Stroma charakterisiert. Eine neuere Übersicht nach dem Krank-

heitsbild[1]) unterscheidet Kartoffelknollenfäule erregende Fusarien, *Fusarium*-Welken oder Tracheomykosen, zu welchen der Schneeschimmel (*Calonectria graminicola* = *Fusarium nivale*) gehört, und Spitzendürre und Rindenfäule der Gehölze erregende Fusarien.

Sterile Myzelien. Von der hierher gehörigen Gattung *Rhizoctonia* sind *Rh. violacea* bei den Pleosporaceen, *Rh. solani* bei den Corticiaceen schon erwähnt. *Moniolopsis aderholdi*, der Vermehrungspilz, ist einer der Erreger der Keimlingskrankheiten.

Nebenklasse. Lichenes, Flechten

Die Flechten sind Pilze, die in enger Symbiose mit Algen leben. Zu ihnen gehören, ihrer Organisation gemäß, keine Parasiten, doch leben viele ihrer Arten epiphytisch und kommen davon einige pflanzenpathologisch in Betracht. Aber auch diese sind mehr als Anzeichen ungünstiger Bedingungen (Luftfeuchtigkeit des Klimas und Standortes), denn als direkte Schädlinge zu betrachten. Außerdem begünstigen sie die Vermehrung schädlicher Insekten, denen sie Unterkunft oder Plätze für Eiablage und Larvenentwicklung bieten.

Der Thallus der Flechten ist krusten- laub- oder strauchförmig. Die Vermehrung findet durch Soredien statt, runde Körper, die von Hyphen umsponnen und durchzogen sind und nach Sprengung der Rindenschicht hervortreten und vom Winde verweht werden. Auch Fruchtkörper der an den Flechten beteiligten Pilze kommen vor; sie entsprechen den Früchten der betreffenden Pilze und sind frei auf der Oberfläche entstehende Apothecien oder geschlossene Perithecien. Außerdem finden sich noch Konidienfrüchte in Pykniden.

Gefäßkryptogamen

Diese Abteilung enthält keine Parasiten, doch können Moose als Epiphyten ähnlich wie die Flechten und als Unkräuter schädlich auftreten.

Auch die Farne kommen als Unkräuter in Frage; besonders ist hier der überall verbreitete Adlerfarn, *Pteridium aquilinum*, zu erwähnen. Von den Schachtelhalmen ist *Equisetum arvense* ein bekanntes Unkraut.

---

[1]) Wollenweber, in Sorauers Handbuch, 4. Aufl.

Blütenpflanzen

Während die Gymnospermen keine Parasiten enthalten, gehören zu den Angiospermen Parasiten und Hemiparasiten verschiedener Grade. Reine Epiphyten spielen dagegen bei Kulturpflanzen kaum eine Rolle. Außerdem sind die zahlreichen Unkräuter im praktischen Pflanzenschutz wichtig.

Halbschmarotzer sind die Santalaceen, Loranthaceen (Mistel) und Scrophulariaceen. Chlorophyllfreie echte Schmarotzer sind die Cuscutaceen, besonders *Cuscuta trifolii*, die Kleeseide, und die Orobanchaceen, zu denen *Orobanche minor*, der Kleeteufel gehört.

b) Tiere als Krankheitserreger und Schädlinge

Alle Tiere, die sich von lebenden Pflanzen ernähren, müssen als Schädlinge der Gewächse angesehen werden. Davon verdienen aber nur diejenigen Beachtung, welche Nutzpflanzen angreifen und dadurch wirtschaftlich schädigend wirken. Hierzu gehören allerdings schon viele Tiere von sehr großer pflanzenpathologischer Bedeutung. Zu den eigentlichen Pflanzenkrankheiten sind dagegen nur solche tierische Schädigungen, welche die Folge besonderer Anpassung, also im wesentlichen des Parasitismus sind, zu rechnen.

Von den landbewohnenden Tierklassen, die hier nur in Frage kommen, sind vorwiegend Wirbeltiere und Insekten unter den schädlichen Arten vertreten. Erstere werden teils durch ihren Fraß, oft aber auch durch ihre sonstigen Lebensgewohnheiten, wie z. B. unterirdische Lebensweise (oder Nestbau) schädlich, während die Insekten, die für uns bei weitem wichtigste Tierklasse, sich in außerordentlich vielen Arten als freilebende Tiere von Pflanzenteilen nähren und anderseits fast ebenso zahlreich durch mehr oder minder ausgeprägte parasitische Lebensweise zu wichtigen Pflanzenfeinden und Krankheitserregern werden. In ihrem Parasitismus ergeben sich dabei, wie schon erwähnt, manche Parallelen zu den ähnlich artenreichen und schädlichen Pilzen.

Urtiere

Obwohl zu den Protozoen viele wichtige Krankheitserreger des Menschen und der Tiere gehören, sind bisher keine Pflanzenparasiten unter ihnen bekannt gewesen. Erst neuerdings ist ein Flagellat, der in den Milchsaftröhren von Euphorbien lebt, als

Krankheitserreger einer Pflanze beschrieben worden. In einzelnen Fällen glaubt man auch bei Blattroll- und Mosaikkrankheit Protozoen entdeckt zu haben, über deren Bedeutung jedoch noch nichts Näheres feststeht.

Weichtiere

Aus der Ordnung der Lungenschnecken, Klasse der Gastropoden oder Schnecken, können einige Arten gelegentlich schädlich auftreten. Die wichtigsten sind unter den nackten Limaciden *Agriolimax agrestis*, die graue Ackerschnecke, und unter den gehäusetragenden Heliciden *Helix pomatia*, die Weinbergschnecke.

Würmer

Nematoden, Rundwürmer

Fam. Anguilluliden. Die Älchen sind mikroskopisch kleine, farblose Würmer, meist an beiden Seiten zugespitzt. Der Mund ist endständig, die Mundhöhle enthält bei einigen Gattungen einen Mundstachel; die Kloake liegt nahe dem Hinterende. Die Älchen — meist bezeichnet man sie mit dem Namen der Ordnung als Nematoden — leben teils frei in der Erde, teils ektoparasitisch an Pflanzen oder endoparasitisch in den Pflanzen. Sie erzeugen an den befallenen Pflanzen Fäulen und vielfach auch Gallen; meist sind sie polyphag, als weitgehend angepaßte Parasiten aber auch vielfach in biologische Rassen gespalten. Beim Rübenälchen wird das Weibchen zur Cyste, in der die Eier lange Zeit ausdauern können.

Verschiedene Arten erzeugen an Kartoffelknollen die sogen. Älchenkrätze. Die wichtigsten Älchen sind *Tylenchus dipsaci (T. devastatrix)*, das Stock- oder Stengelälchen (Stockkrankheit an Getreide und Klee); *T. tritici*, das Weizenälchen (Radekrankheit oder Gicht des Weizens); *Heterodera radicicola*, das sehr polyphage Wurzelälchen; *H. schachtii*, das Rübenälchen (Rübennematode), Ursache der Rübenmüdigkeit, ebenfalls polyphag und rassenbildend; *Aphelenchus olesistus*, Erreger von Flecken und Fäulen an vielen Zierpflanzen.

Anneliden, Gliederwürmer

Die Regenwürmer, *Lumbricus terrestris* und andere Arten, werden besonders in Gartenbeeten und Rübenäckern dadurch schädlich, daß sie Keimpflanzen in ihre Gänge ziehen.

Gliederfüßler

Zu diesem Tierstamm gehören als gelegentliche Schädlinge die Asseln, Krebse, Tausendfüße und Spinnen; zahlreiche und wichtige Schädlinge enthält dagegen die Ordnung der Milben und die Klasse der Insekten.

Acariden, Milben

Die Milben sind durchweg sehr kleine Tiere; Kopfbrust und Hinterleib sind meist zu einem einheitlichen Körper verschmolzen, die Mundteile sind stechend und saugend oder beißend; meist sind vier, — bei den Gallmilben nur zwei —, in den Jugendstadien nur drei Beinpaare vorhanden.

Die Milben, die teils frei von lebenden und toten Stoffen, teils parasitisch an und in Pflanzen (auch Tieren) leben, verhalten sich in pflanzenpathologischer Hinsicht ähnlich wie manche kleinere Insekten. Sie sind als Saprozoen Begleiter von Zoonosen und Phytonosen, besonders von Trockenfäulen, aber auch wichtige Parasiten. Ein sehr großer Teil der Gallen rührt von Milben her.

Fam. Tetranychiden, Spinnmilben. Ovale, oberflächlich den Spinnen ähnliche, freilebende Pflanzenfresser mit Spinnvermögen. *Bryobia praetiosa (B. ribis)*, die Stachelbeermilbe; *Tetranychus telarius*, die Lindenspinnmilbe, an Linden, Roßkastanien und anderen Bäumen; *Epitetranychus althaeae*, die Eibischspinnmilbe, an vielen Kulturpflanzen und besonders an Hopfen (Kupferbrand) und an Bohnen schädlich; *Paratetranychus pilosus*, die Rosenspinnmilbe, an Rosen und Obstbäumen und -sträuchern.

Fam. Tarsonemiden. Längliche Milben; Kopfbrust und Hinterleib geschieden, deutliche Verschiedenheit der Geschlechter. *Tarsonemus spirifex* und *Pediculoides graminum* aus einer nahestehenden Familie als Hafermilben bekannt und schädlich; letztere Art auch an anderem Getreide.

Fam. Tyroglyphiden. Blaß gefärbt, von kugeligem Körperbau. *Aleurobius farinae*, die Mehlmilbe; *Rhizoglyphus echinopus*, Erreger der Milbenkrätze der Kartoffeln, auch an anderen Pflanzen schädlich.

Fam. Eriophyiden, Gallmilben. Zwei Beinpaare, Hinterleib wurmartig, feingeringelt. Sehr zahlreiche Arten, die außerordentlich mannigfaltige Gallen, hauptsächlich Knospenschwellungen, Haarfilze

und Pocken, verursachen. *Eriophyes (Phytoptus) avellanae* an Haselnuß, *E. vitis*, die Weinblattgallmilbe (Milben- oder Pockenkrankheit), *E. ribis*, Johannisbeergallmilbe, *E. piri*, Birnblattgallmilbe, *E. löwi*, Syringengallmilbe; *Phyllocoptes vitis* und *Epitrimerus vitis*, Ursache der Kurzknotigkeit oder Kräuselkrankheit des Weinstockes.

Hexapoden, Insekten (Kerfe)

In ihrem Körperbau sind die Insekten charakterisiert durch die Gliederung in Kopf, Brust und Hinterleib, das aus Chitin bestehende Hautskelett und drei aus verschiedenartigen Abschnitten zusammengesetzte Beinpaare. Bei den meisten Insekten sind außerdem noch zwei Flügelpaare vorhanden.

Körperbau. Der Kopf trägt seitlich die beiden, je aus vielen Fazetten zusammengesetzten Augen, über oder zwischen diesen häufig noch kleine Punktaugen, und die paarigen Fühler (Antennen). Die letzteren sind sehr verschieden gestaltet, z. B. borsten-, keulen-, knopfförmig oder durchblättert, und aus einer verschiedenen Anzahl von Einzelgliedern zusammengesetzt. Bei den sogenannten geknieten Fühlern unterscheidet man Schaft und Geißel. Form, Gliederzahl und Länge der Fühler sind wichtige Unterscheidungsmerkmale.

An der Unterseite des Kopfes befindet sich der Mund mit den Mundgliedmaßen. Diese bestehen aus der Oberlippe (labrum) und drei Kieferpaaren, von denen das erste die Oberkiefer (Mandibeln), das zweite die Unterkiefer (Maxillen) und das dritte die Unterlippe (labium) bildet. Die Unterkiefer und die Unterlippe tragen Taster (Palpen).

Je nach ihrer Verwendung sind die Mundwerkzeuge verschieden ausgebildet, als kauende oder beißende hauptsächlich bei den Käfern, als leckende bei den Bienen, als saugende bei den Schmetterlingen und Fliegen, als stechende bei den Schnabelkerfen (Wanzen usw.). Bei der Feststellung von Schädlingen spielt die Berücksichtigung des Baues der Mundwerkzeuge eine besondere Rolle.

Die Brust (Thorax) besteht aus drei Teilen, der Vorder-, Mittel- und Hinterbrust (Pro-, Meso- und Metathorax). An jedem Brustringe unterscheidet man wieder den Rückenschild (notum), die beiden Seiten (pleurae) und den Brustschild (sternum). So ist z. B. bei den Käfern der als Rücken oder Rückenschild bezeichnete Teil der

Oberseite zwischen Kopf und Flügeldecken in Wirklichkeit der Rückenschild des ersten Brustringes, das Pronotum.

Den drei Brustringen entspringt an der Unterseite je ein Beinpaar. Die Beine bestehen aus fünf Teilen, sie gliedern sich in das kurze Hüftglied (coxa), den kleinen Schenkelring (trochanter), den großen Oberschenkel (Schenkel, femur), den dünneren Unterschenkel (Schiene, tibia), und den meist aus fünf kurzen Einzelgliedern bestehenden Fuß (tarsus), dessen letztes Glied in zwei Krallen endigt.

An der Oberseite der Brust sind die Flügel angeheftet und zwar sitzen die Vorderflügel am zweiten, die Hinterflügel am dritten Brustring. In vielen Gruppen der Insekten sind die Adern der Flügel ein Einteilungsmerkmal, während die Ordnungen der Klasse sich an der verschiedenen Beschaffenheit von Vorder- und Hinterflügeln erkennen lassen. So finden wir bei den Geradflüglern und Schnabelkerfen die Vorderflügel pergamentartig verstärkt, bei den Käfern werden sie zu harten, hornigen Flügeldecken (Elytren). Bei den Schmetterlingen sind die häutigen Flügel mit farbigen Schuppen besetzt, bei den Hautflüglern, wozu die Bienen, Wespen und Ameisen gehören, bleiben sie nackt, ebenso bei den Netzflüglern (Libellen), bei denen eine dichte Aderung der Flügel sehr deutlich sichtbar ist. Bei den Fliegen ist nur das vordere Flügelpaar häutig ausgebildet, das hintere ist zu ganz kleinen Schwingkölbchen (Halteren) verkümmert. Gänzlich flügellos sind die Urinsekten; bei manchen anderen fehlen die Flügel infolge weitgehender Anpassung an die Lebensweise ebenfalls.

Der Hinterleib (abdomen) enthält den Darm und die Geschlechtsorgane und besteht aus einer Anzahl von bis zu elf Ringen. Er trägt bei den erwachsenen Insekten niemals Beine. Am Ende des Hinterleibes sind vielfach Anhänge, die Raife oder Schwanzborsten (cerci), vorhanden.

Fortpflanzung und Entwicklung. Die Fortpflanzung der Insekten ist geschlechtlich, vielfach kommt jedoch Parthenogenese vor, die mit der ersteren vereinigt zu regelmäßigem Generationswechsel führen kann. Die Insekten legen entweder Eier oder sie sind lebendig gebärend (vivipar). Fast alle Insekten machen während ihrer Entwicklung eine Verwandlung durch. Nach dem Ausschlüpfen aus dem Ei durchläuft das Insekt zwischen verschiedenen Häutungen

die Jugendstadien und wird dann erst zum vollkommenen Insekt, dem Vollkerf oder der Imago. Dieser geht häufig ein Ruhestadium voraus, die Puppe, welche keine Nahrung zu sich nimmt und in der große Veränderungen des Körperbaues und der inneren Organe vor sich gehen. Wegen ihres Hautskelettes vermögen die Insekten auch nur vermittels der Häutungen zu wachsen, deshalb wächst das fertig ausgebildete, geflügelte und geschlechtsreife Insekt nicht mehr.

Unvollkommen oder halbvollkommen (hemimetabol) nennt man die allmähliche Verwandlung, bei welcher die Jugendstadien im Verlaufe der Häutungen allmählich und stufenweise in das ausgewachsene Stadium übergehen. Die Körperform bleibt im wesentlichen dieselbe, wie sie schon beim Verlassen des Eies ist, nur die Flügel kommen hinzu und die Geschlechtsorgane werden ausgebildet. Das Puppenstadium fehlt. Hierher gehören z. B. die Heuschrecken und die Wanzen. Man nennt in diesem Fall die jungen Insekten auch nicht Larven, sondern bezeichnet sie einfach als Jugendstadien oder des näheren als 1., 2., 3. (postembryonales) Stadium usw.

Bei der vollkommenen Verwandlung (holometabol) sind die jungen Insekten, die Larven, in Körperform und Lebensweise vom Vollkerf wesentlich verschieden. Die Larven verwandeln sich in die Puppen, aus denen nach einer Ruhezeit, d. h. nach Vollendung der im Innern vor sich gehenden Verwandlung, die fertigen Insekten hervorkommen. Die wurmförmigen, mit Beinen versehenen Larven der Schmetterlinge heißen Raupen, diejenigen der Blattwespen Afterraupen, diejenigen der Käfer, sofern sie drei normale Beinpaare und sackförmig verdickten Hinterleib besitzen, Engerlinge. Die fußlosen, einen zum Teil eingestülpten Kopf tragenden Larven der Fliegen und Hautflügler nennt man Maden.

Bei den Puppen der Schmetterlinge sind die äußeren Körperteile nur wenig angedeutet; solche Puppen heißen gedeckte oder Mumienpuppen. Bei den gemeißelten oder freien Puppen der Käfer liegen die Extremitäten frei. Bei den kurzen ovalen Tönnchenpuppen der Fliegen ist die eigentliche Puppe noch von der erhärteten Larvenhaut umschlossen.

Ernährung und Lebensweise. Die Insekten ernähren sich von den verschiedenartigsten toten und lebenden Stoffen. Für die Pflanzenpathologie kommen sie als Pflanzenfresser und äußere oder

innere Parasiten, als Begleiter von Krankheits- und Fäulnisvorgängen und als Vorratsschädlinge sowie als Überträger von Krankheiten in Betracht. Außerdem sind sie vielfach als räuberische Insekten oder als Parasiten anderer Insekten wichtige Nützlinge. Die verschiedenen, dem Bau der Mundwerkzeuge entsprechenden Fraßformen sind schon im ersten Kapitel erwähnt. Der Parasitismus ist in allen Graden von gelegentlichem bis zu ausschließlichem Parasitismus, von freier bis zu festsitzender und zu endoparasitischer Lebensweise, von Polyphagie bis zu enger Spezialisation und kompliziertem Generationswechsel, der mit Wirtswechsel verbunden sein kann, vertreten. Bei vollkommener Verwandlung unterscheiden sich die einzelnen Stadien oft erheblich in ihrer Lebensweise und daher in ihrer Schädlichkeit (z. B. Raupen und Schmetterlinge, Engerlinge und Maikäfer, Fliegenmaden und Fliegen) und somit ist die genaue Kenntnis der Lebensweise und Entwicklung oft die Voraussetzung einer wirksamen Bekämpfung. Ebenso wie die Lebensweise ist auch die Lebensdauer des Einzelstadiums wie der ganzen Generation sehr verschieden; man unterscheidet mehrjährige und einfache sowie mehrfache jährliche Generationen. Die Überwinterung ist nicht an ein bestimmtes Stadium gebunden; einzelne Insekten überwintern im Eizustand, andere als Larve, Puppe oder Vollkerf. Dabei werden die Insekten von trockener Kälte weniger beeinflußt als von feuchter Witterung und schroffem Temperaturwechsel. Dagegen ist die Intensität der Nahrungsaufnahme und der Vermehrung sehr von der Temperatur abhängig. Im allgemeinen begünstigen Trockenheit und Wärme das Auftreten der Insekten, wobei jedoch im einzelnen die Familien und Arten weitgehende Sonderanpassungen aufweisen.

Einteilung der Insekten. Man teilt die Insekten in eine Anzahl von Ordnungen ein, wobei die Beschaffenheit der Flügel und der Mundwerkzeuge sowie die Art der Verwandlung die wichtigsten und in der Regel sehr leicht erkennbaren Merkmale bilden. Die Namen der Ordnungen sind meist von der Beschaffenheit der Flügel genommen.

Die alten neun Ordnungen sind neuerdings in eine verschieden große Anzahl von Ordnungen aufgeteilt, wovon aber die wichtigsten als Ordnungsgruppen erhalten geblieben sind. Für unsere Zwecke genügt die Aufzählung der folgenden Ordnungen:

I. *Apterygota*, Flügellose.
II. *Orthoptera*, Geradflügler.
III. *Corrodentia*, Nagekerfe.
IV. *Thysanoptera*, Fransenflügler.
V. *Rhynchota*, Schnabelkerfe.
VI. *Coleoptera*, Käfer.
VII. *Hymenoptera*, Hautflügler.
VIII. *Lepidoptera*, Schmetterlinge.
IX. *Diptera*, Zweiflügler.

I. *Apterygota*, Flügellose

Flügellose Urinsekten, die auch im ausgewachsenen Stadium niemals Flügel tragen. Die niedrigsten Formen unter allen Insekten; die Mundwerkzeuge sind unvollständig ausgebildet, eine Verwandlung fehlt.

Zwei Unterordnungen:

1. *Thysanura*, Borstenschwänze, mit großen Borsten am Hinterleibsende. Fam. *Lepismatidae. Lepisma saccharina*, Silberfischchen, Zuckergast.

2. *Collembola*, Springschwänze, mit einem nach vorne gerichteten gegabelten Springapparat am vorletzten Hinterleibsring. Einzelne Arten von *Aphorura* und *Sminthurus* werden zuweilen an Wurzeln schädlich.

II. *Orthoptera*, Geradflügler

Gerade Flügel, Vorderflügel als schmale, verdickte und gefärbte Flügeldecken ausgebildet, Hinterflügel groß und häutig, fächerförmig zusammengefaltet; kauende Mundteile; unvollkommene Verwandlung.

Fam. Dermatopteren, Ohrwürmer. Körper flach, lang; Flügeldecken schuppenförmig; am Hinterleibsende zwei Zangen; alle Beine gleich groß; leben von pflanzlichen oder tierischen Abfällen. *Forficula auricularia*, Ohrwurm.

Fam. Blattiden, Kakerlaken. Körper flach, oval; Flügeldecken groß oder fehlend; Hinterleib mit Raifen; alle Beine gleich groß. Leben von pflanzlichen Abfällen; gelegentlich in Gewächshäusern schädlich.

Fam. Acrididen, Feldheuschrecken. Hinterbeine lang (Springbeine); Fühler kurz und dick; Weibchen ohne Legeröhre; die Eier

werden in Paketen in den Boden abgelegt; Füße dreigliederig. Pflanzenfresser bezw. Allesfresser. Zu den wichtigsten aller Insekten gehören die besonders in trockenen Gebieten auftretenden Wanderheuschrecken, von denen hier nur *Stauronotus maroccanus*, die marokkanische, und *Pachytilus migratorius*, die europäische Wanderheuschrecke, erwähnt werden.

Fam. Locustiden, Laubheuschrecken. Hinterbeine lang; Fühler sehr lang und dünn; Weibchen mit Legeröhre; die Eier werden in der Regel einzeln an Pflanzen abgelegt; Füße viergliederig. Pflanzenfresser. *Locusta viridissima*, großes grünes Heupferd.

Fam. Grylliden, Grillen. Hinterbeine lang (Springbeine); Fühler lang; Weibchen mit langer Legeröhre (mit Ausnahme der Maulwurfsgrillen); Flügeldecken auf die Seite des Körpers umgebogen; Füße meist dreigliederig. *Gryllus campestris*, Feldgrille; *Gryllotalpa vulgaris*, Maulwurfsgrille oder Werre.

III. *Corrodentia*, Nagekerfe

Fam. Termitiden, Termiten. Soziale Insekten mit mehreren Ständen, von denen nur die Geschlechtstiere Flügel besitzen, die aber sehr bald abfallen. Die beiden Flügelpaare sind lang, häutig, ungefähr gleich groß; Mundteile kauend; unvollkommene Verwandlung. In warmen Klimaten als Holzzerstörer und Pflanzenschädlinge wichtig.

(Eine besondere Ordnung bilden die *Hemerobiidae*, Florfliegen. Flügel groß, gleichförmig, vieladerig; Fühler faden- oder perlschnurförmig; vollkommene Verwandlung; Körper grün. Die Eier auf Stielen an Blättern angeheftet; die Larven leben hauptsächlich von Blattläusen (Blattlauslöwen). *Chrysopa vulgaris*, Florfliege.)

IV. *Thysanoptera (Physapoda)*, Fransenflügler (Blasenfüße)

Sehr kleine Insekten mit vier schmalen Flügeln, die mit einem aus langen Wimpern bestehenden Fransensaum besetzt sind; Fühler fadenförmig; Mundteile zum Kauen und Saugen an der Oberhaut von Pflanzen eingerichtet; Füße zweigliederig, mit einer Haftblase. Allmähliche Verwandlung; leben zugleich mit ihren Jugendstadien an Blättern und Blüten.

Verschiedene Arten verursachen die Weißährigkeit des Getreides, andere sind an Flachs, Tabak und anderen Nutzpflanzen schädlich; in Gewächshäusern *Heliothrips haemorrhoidalis*, schwarze Fliege genannt.

V. *Rhynchota*, Schnabelkerfe

Die stechenden und saugenden Mundteile bilden einen gegliederten Schnabel, den Stechrüssel. In der Regel sind vier Flügel vorhanden, von denen die vorderen bei einem Teil am Grunde verdickt (*Hemiptera*, Halbflügler), bei den übrigen gleichmäßig häutig (*Homoptera*, Gleichflügler) sind. Allmähliche Verwandlung. Parasitisch an Tieren und Pflanzen, an letzteren freilebend oder festsitzend und vielfach Gallen erzeugend. Wir führen ohne Rücksicht auf weitergehende Aufteilungen drei Unterordnungen auf, die Wanzen, Zikaden und Pflanzenläuse.

Unterordnung *Heteroptera*, *Hemiptera*, Halbflügler, Wanzen.

Vier, nur selten fehlende, Flügel; die vorderen als Halbdecken am Grunde verdickt, an der Spitze in der Regel häutig, auf dem Rücken flach zusammengelegt. Schnabel vorn am Kopfe, entfernt von den Vorderhüften entspringend. Sehr zahlreich und besonders in wärmeren Gegenden schädlich.

Fam. Pentatomiden, Schildwanzen, Baumwanzen. Die gewöhnlichen Pflanzenwanzen, meist schildförmig. *Dolicoris baccarum*, Beerenwanze; *Eurydema oleracea* und andere Arten, Kohlwanzen.

Fam. Lygaeiden, Langwanzen. *Blissus leucopterus*, die nordamerikanische Getreidewanze *(chinch bug)*, ist einer der wichtigsten Getreideschädlinge.

Fam. Tingitiden, Buckelwanzen. Kleine, zierliche Wanzen, leben in Gesellschaften auf Pflanzen. *Zosmenus (Piesma) capitatus*, die Rübenblattwanze; *Tingis piri*, Birnblattwanze.

Fam. Capsiden, Blindwanzen. Ebenfalls meist kleine, zahlreich auftretende Arten. *Lygus campestris*, grüne Wiesenwanze, sehr polyphag, durchlöchert die Blätter.

Unterordnung *Cicadoidae*, Zirpen.

Vier gleichmäßig ausgebildete Flügel, in der Ruhe dem Körper schräg dachförmig anliegend, Vorderflügel jedoch öfter härter als die Hinterflügel; Schnabel an der Kehle dicht bei den Vorderhüften entspringend; Füße in der Regel dreigliederig.

Fam. Cercopiden, Schaumzirpen. *Aphrophora salicis* auf Weiden und Pappeln; *A. spumaria* auf zahlreichen anderen Pflanzen (Kuckuckspeichel).

Fam. Jassiden, Kleinzirpen. Neuerdings mehrfach als Krankheitsüberträger erkannt. *Cicadula sexnotata*, an krautigen Pflanzen gelegentlich stark schädlich; *Chlorita solani* und andere Arten an Kartoffeln; *Typhlocyba rosae*, Rosenzikade.

Unterordnung *Phytophthires*, Pflanzenläuse.

Mit vier oder zwei Flügeln oder ungeflügelt; Flügel, wenn vorhanden, gleichmäßig häutig, dem Körper schräg dachförmig anliegend; Schnabel an der Kehle entspringend und mit der Vorderbrust verwachsen; Füße zwei- oder eingliederig. Die Pflanzenläuse scheiden Honigtau ab und sind vielfach Gallenerzeuger.

Fam. Psylliden, Blattflöhe. Springbeine; Larven plattgedrückt, wanzenartig. *Psylla mali*, Apfelblattsauger, in seiner Schädlichkeit erst neuerdings mehr beachtet; *Ps. piri (pirisuga)*, großer Birnsauger, an jungen Trieben, Knospen und Blättern; *Ps. buxi*, an Buchs häufig kugelige Blattkrümmungen verursachend; *Trioza viridula* an Kräutern.

Fam. Aleurodiden, Mottenschildläuse. Sehr kleine Insekten; Flügel bei beiden Geschlechtern gleich groß, weiß bepudert; Jugendstadien schildlausähnlich. *Aleurodes vaporiarorum*, Gewächshaus-Mottenschildlaus, „weiße Fliege"; *A. brassicae* an Kohl.

Aphididen, Blattläuse. Flügel, wenn vorhanden, lang und durchsichtig, Vorderflügel größer; Fühler drei- bis siebengliederig; meist mit zwei Rückenröhren. Regelmäßiger Wechsel zwischen ein- und zweigeschlechtlichen Generationen (Heterogonie); große Fruchtbarkeit der parthenogenetischen Individuen (Paedogenese), die zahlreiche Generationen hervorbringen und in Kolonien leben. Teils nur eierlegend, teils auch lebendgebärend. Wandernde (Wirtswechsel) und nicht wandernde Arten (vergl. Fig. 3 und 4 S. 67). Vielfach und sehr verschiedenartige Gallen erzeugend und dann teils auf, teils in diesen lebend. Überwinterung durch Wintereier oder parthenogenetische Formen. Natürliche Feinde der Blattläuse sind außer insektenfressenden Vögeln (Meisen) Marienkäfer und ihre Larven, die Larven von Schwebfliegen und Florfliegen und als innere Parasiten viele Schlupfwespen.

Bei den nicht wandernden Blattläusen kommen bis zu fünf verschiedene Typen vor. Aus dem befruchteten Winterei geht die bei den meisten Arten flügellose *fundatrix* (Stammutter) hervor, aus ihr die parthenogenetisch entstandenen und selbst parthenogenetischen geflügelten und ungeflügelten *virgines* und aus diesen schließlich die *sexuparae*, die geflügelten Erzeugerinnen der *sexuales* (Männchen und Weibchen), die in beiden Geschlechtern oder nur im weiblichen ungeflügelt sind.

Bei den wirtswechselnden Blattläusen, die auf Holzgewächsen überwintern und im Sommer auf krautige Pflanzen überwandern, leben die ersten Generationen auf der Nährpflanze der *fundatrix*, dem Hauptwirt, die späteren auf dem Zwischenwirt. Auf diesem werden dann die *sexuparae* (Wanderfliegen) erzeugt, die ihre weiblichen Eier auf dem Hauptwirt ablegen; wo die Männchen geflügelt sind, entstehen sie schon auf dem Zwischenwirt.

Die Blattläuse werden in die folgenden vier Familien eingeteilt.

Fam. Aphididen. *Aphis (Brevicoryne) brassicae*, Kohlblattlaus; *A. pomi (mali)*, Apfelblattlaus; *Myzoides cerasi*, schwarze Kirschenlaus (Verkrümmung der Blätter); *Myzus ribis*, Johannisbeerblattlaus (gerötete Beulen der Blätter); *Siphonophora rosae*, Rosenblattlaus. *Aphis papaveris* (neuerdings *A. fabae*), die schädliche „schwarze Blattlaus", auf Saubohnen, Rüben, Bohnen usw., überwintert auf *Evonymus; A. pruni*, Blattrollungen an Pflaumen und Zwetschen; *Rhopalosiphum dianthi (persicae)*, Blattrollungen an Pfirsich, zugleich in Gewächshäusern schädlich; *Phorodon humuli*, Hopfenblattlaus.

Fam. Pemphigiden. *Tetraneura ulmi* und andere Arten erzeugen an Ulmen verschiedenartige Blattgallen. *Schizoneura (Eriosoma) lanigera*, die bekannte Blutlaus, aus Nordamerika in alle obstbautreibenden Länder verschleppt (Blutlauskrebs); Überwinterung bei uns als Junglarve an der Rinde oder im Boden, in Nordamerika *sexuparae* und *sexuales* an *Ulmus americana*. *Pemphigus bursarius* erzeugt die Blattstielgallen an Pappeln; *Prociphilus*-Arten die Triebspitzendeformationen an Esche.

Fam. Chermesiden. Mit kompliziertem Generationswechsel; hauptsächlich an Nadelhölzern. *Pineus strobi* an Kiefern; *Dreyfusia*-Arten an Weißtannen; *Chermes abietis* und *Cnaphalodes strobilobius* auf Fichten, Triebe deformierend; beide wandern auf die Lärche über.

Fam. Phylloxeriden. Außer verschiedenen Eichenläusen gehört hierher die Reblaus, *Phylloxera vastatrix (Peritymbia vitifolii)*, der gefährlichste Schädling des Weinbaus und damit eines der volkswirtschaftlich wichtigsten Insekten. Neuerdings[1]) werden zwei biologische Rassen, *Ph. vastatrix* und *pervastatrix*, unterschieden, von denen nur die letztere in Deutschland vorkommt. Sie stirbt an den immunen Rebsorten ab, kann also durch den Anbau solcher Wurzelreben (Unterlagen) ausgerottet werden.

Aus dem Winterei schlüpft die *fundatrix*, welche Blattgallen bildet und in diesen eine zweite Gallengeneration erzeugt. Aus den späteren Eiern der *fundatrix* gehen Jungläuse hervor, die an die Rebwurzeln abwandern. Auch die Gallenläuse vermehren sich weiter (bis zu zwölf Generationen), von denen ein Teil ebenfalls an die Rebwurzeln wandert. Aus den Generationen der Wurzelläuse, die unbegrenzt weitergehen, entstehen daneben im Sommer geflügelte *sexuparen*, welche die Erde verlassen und an den oberirdischen Teilen der Rebe die *sexualis*-Eier ablegen. In dem befruchteten Weibchen entwickelt sich ein Winterei, das den Zyklus abschließt. In Deutschland pflanzt sich die Reblaus, von Ausnahmen abgesehen, nur durch die Wurzelläuse fort.

Fam. Cocciden, Schildläuse. Ebenfalls kleine, meist nur einige Millimeter große Insekten. Weibchen ungeflügelt, meist schildförmig; Männchen mit einem Flügelpaar. Bei den Schildläusen verläuft die Steigerung parasitischer Anpassung in anderer Weise als bei den Blattläusen, indem festsitzende Formen mit weitgehender Rückbildung der Bewegungsorgane entstehen. Die dem Ei entschlüpfenden Junglarven sind freibeweglich und saugen sich an der Nährpflanze fest. Aus ihnen gehen einesteils fortpflanzungsfähige Larven hervor, die Weibchen, ohne Augen, Fühler und Beine, die nach Befruchtung oder vielfach ohne solche Eier legen (Neotenie). Die Männchen durchlaufen eine vollständige Verwandlung, ebenfalls mit unbeweglichem larvalem Zwischenstadium und folgendem Puppenstadium; sie sind normal ausgebildete, meist geflügelte Insekten, aber ohne Saugrüssel. Die Larven und Weibchen scheiden Honigtau aus, vielfach auch wachsartige Massen (bei der indischen Lacklaus den Schellack). Die meisten Arten schützen sich durch einen Schild,

[1]) Börner, Nachrichtenblatt f. d. deutsch. Pflanzenschutzdienst 1, 1921, Nr. 4—5.

nach dessen Entstehungsweise man die Familien einteilt. Er ist im einfachsten Falle nur eine lose Wachshülle oder eine dicke Wachsschicht (bei den beweglichen Arten); bei den Diaspinen besteht er aus Wachsabsonderungen und der Rückenhaut der Larven, bei den Lecaniinen wird er von der verdickten Rückenhaut des Weibchens gebildet. Die Schildläuse leben nur auf Rinde, zuweilen auch an Wurzeln; nur die beweglichen Arten oder die Larven auch auf grünen Pflanzenteilen. Hauptsächlich in wärmerem Klima.

Phenacoccus aceris (Dactylopius), Schmierlaus, an Rebstöcken und vielen anderen Pflanzen; *Aspidiotus ostreiformis*, gelbe austernförmige Schildlaus, an Obstbäumen; sehr ähnlich die San-Josélaus, *A. perniciosus*, einer der gefährlichsten Obstbaumschädlinge, nach Nordamerika und vielen anderen Ländern verschleppt; *Epidiaspis betulae*, rote Obstbaumschildlaus, in wärmeren Lagen und dort sehr schädlich; *Lepidosaphes ulmi (Mytilaspis pomorum)*, Kommaschildlaus; *Lecanium corni*, fast kugelig, an der Robinie und sehr vielen anderen Holzgewächsen; *Pulvinaria betulae*, Wollaus, auf Weinreben und vielen Bäumen und Sträuchern; Eier in einer sackförmigen Masse von Wachsausscheidungen.

VI. *Coleoptera*, Käfer

Die Vorderflügel bilden verdickte Decken für die häutigen, zusammengefalteten Hinterflügel, welche allein beim Flug benutzt werden. Vollkommene Verwandlung (gemeißelte Puppe; häufig in einem Kokon); der *Prothorax* bildet das große, freibewegliche Halsschild, der *Mesothorax* das Schildchen. Larven verschieden gestaltet, meist mit drei Beinpaaren; kauende Mundteile.

Eine sehr große Ordnung mit etwa 60 Familien, die in eine Anzahl von nicht sehr scharf getrennten Reihen zusammengefaßt werden. Doch sind die größeren und wichtigen Familien, gerade auch der Pflanzenschädlinge, leichter abzugrenzen und zu erkennen.

Schadensweise höchst verschieden: als Laubfresser, Holz- und Rindenbewohner, teilweise gallenerzeugend; vielfach auch im Larvenstadium schädlich, seltener nur in diesem. Hier können nur die wichtigsten einheimischen Arten angeführt werden.

Fam. Carabiden, Laufkäfer. *Zabrus tenebrioides*, Getreidelaufkäfer, benagt die milchreifen Körner, die Larven zerkauen die jungen Pflanzen.

Fam. Silphiden, Aaskäfer. *Phosphuga (Silpha) atrata*, der schwarze Aaskäfer, Rübenschädling (Larvenfraß).

Fam. Byturiden. *Byturus tomentosus* und *B. fumatus*, Himbeerkäfer, fressen die Blüten aus.

Fam. Nitiduliden, Glanzkäfer. *Meligethes aeneus*, Rapsglanzkäfer.

Fam. Coccinelliden, Marienkäfer, Blattlauskäfer. In Deutschland nur ausnahmsweise Pflanzenfresser, sonst zoophag; Käfer und Larven fressen Blattläuse.

Fam. Elateriden, Schnellkäfer. Die zylindrischen, dünnen und harten Larven von *Agriotes lineatus* und *A. obscurus* und anderen Arten sind als Drahtwürmer bekannt und an Getreide, Kartoffeln, Rüben usw. schädlich.

Fam. Buprestiden, Prachtkäfer; Larven im Holz. *Agrilus sinuatus*, gebuchteter Birnbaum-Prachtkäfer, Ringelwurm.

Fam. Meloiden (Canthariden), Ölkäfer. *Lytta vesicatoria*, die spanische Fliege, hauptsächlich in Südeuropa; die Käfer sind Laubschädlinge.

Fam. Cerambyciden, Bockkäfer; Larven im Innern von Holzgewächsen. *Cerambyx cerdo*, großer Eichenbock; *Monochammus sartor* und *M. sutor* in Fichten; *Saperda carcharias*, großer Pappelbock, *S. populnea*, kleiner Pappel- oder Aspenbock; *Oberea linearis*, Haselbock.

Fam. Chrysomeliden, Blattkäfer. Löcherfraß in Blättern, Schabefraß der Larven. *Lema cyanella* und *L. melanopus*, Getreidehähnchen; *Crioceris asparagi* und *Cr. 12-punctata*, Spargelkäfer; *Bromius (Adoxus) vitis*, Rebstock-Fallkäfer; *Phaedon cochleariae*, Meerrettich-Blattkäfer; *Leptinotarsa decemlineata*, der Kartoffel- oder Koloradokäfer; *Phyllodecta*-Arten, Weidenblattkäfer; *Psylliodes chrysocephala*, Raps-Erdfloh; *Phyllotreta undulata* und *Ph. nemorum*, Kohl-Erdflöhe.

Fam. Cassidinen, Schildkäfer. *Cassida nebulosa*, nebeliger Schildkäfer, an Rüben; Käfer und Larven schädlich.

Fam. Bruchiden, Samenkäfer. *Br. atomarius*, Bohnenkäfer; *Br. pisorum*, Erbsenkäfer; *Br. lentis*, Linsenkäfer.

Fam. Curculioniden, Rüsselkäfer. Zahlreiche Arten der großen Familie sind als Laub- und Blütenzerstörer, die Larven in Samen, Hölzern und Wurzeln schädlich. *Sitona lineata*, Blattrandkäfer an

Erbsen und Bohnen; *Otiorrhynchus*-Arten an Knospen und Blättern vieler Pflanzen; ähnlich die *Phyllobius*-Arten, besonders an Holzgewächsen; *Hylobius abietis*, der große braune Rüsselkäfer an Nadelhölzern; *H. pini* an Kiefern; *Pissodes*-Arten an Nadelhölzern; *Apion*-Arten, Spitzmäuschen, vielfach als Larven schädlich, auch gallenerzeugend; *Rhynchites*-Arten, schädlich durch Einrollen der Blätter zur Eiablage (*Rh. betuleti*, Rebstichler, Cigarrenwickler); *Balaninus nucum*, Haselnußbohrer; *Anthonomus pomorum*, Apfelblütenstecher, Larven in den Blütenknospen; *A. cinctus*, Birnknospenstecher; *A. rubi*, Himbeer- oder Erdbeerstecher; *Orchestes fagi*, Buchenspringrüßler; *Cryptorrhynchus lapathi*, Larve in Erlen und Weiden; *Ceutorrhynchus sulcicollis*, Kohlgallenrüßler; *C. assimilis* und *Baris chlorizans*, ebenfalls an Kohl, Raps usw.; *Calandra granaria*, schwarzer Kornwurm, flugunfähig, nur in Speichern; in wärmeren Ländern die flugfähige *C. oryzae* auch auf dem Felde.

Fam. Ipiden (Scolytiden), Borkenkäfer. Hauptsächlich in Rinde und Holz; wichtige Forstschädlinge mit charakteristischen Fraßfiguren der Brut- und Larvengänge; teilweise Schwächeparasiten; physiologisch und technisch schädlich. *Blastophagus (Myelophilus) piniperda*, Waldgärtner; *Eccoptogaster mali* und *E. rugulosus*, Obstbaum-Splintkäfer; *Anisandrus (Xyleborus) dispar*, ungleicher Holzbohrer, in Obstbäumen; *X. saxeseni*, in Laub- und Nadelhölzern; *Ips typographus*, der Buchdrucker.

Fam. Platypodiden; ähnlich der vorigen. *Platypus cylindrus*, Kernkäfer in Eichen.

Fam. Melolonthinen, Laubkäfer. *Rhizotrogus solstitialis*, Junikäfer; *Polyphylla fullo*, Walker, Rebenschädling; *Melolontha vulgaris* und *M. hippocastani*, Feld- und Waldmaikäfer, durch ihre Menge gleich schädlich als Käfer wie als Engerling, 3—5 jährige Entwicklungsdauer, Flugjahre; *Phyllopertha horticola*, Gartenlaubkäfer.

VII. *Hymenoptera*, Hautflügler

Häutige Flügel, klein, mit wenigen Adern; beißende oder leckende Mundteile. Vollkommene Verwandlung; Larven madenförmig, seltener raupenähnlich. Große und vielgestaltige Ordnung mit verhältnismäßig wenigen Pflanzenschädlingen und zahlreichen Insektenfeinden[1]).

[1]) Vergl. Die Insekten Mitteleuropas, insbesondere Deutschlands, herausg. von Prof. Dr. Chr. Schröder. Bd. I—III. Stuttgart 1914.

1. *Symphyta.* Mit sitzendem Hinterleib
(*Phytophaga*, Pflanzenwespen)

Breite Verbindung zwischen Brust und Hinterleib; Schenkelring aus zwei Gliedern bestehend. Weibchen mit Sägebohrer; Larven raupenartig (Afterraupen), durch ihren Fraß schädlich, mit meist acht Paaren von Bauchfüßen.

Fam. Tenthrediniden, Blattwespen. *Emphytus cinctus*, Rosenblattwespe; *Athalia colibri (spinarum)*, Rübenblattwespe, meist an Kreuzblütlern, besonders Raps; *Hoplocampa minuta (fulvicornis)*, Pflaumensägewespe, Larve im Kern der jungen Früchte; *Caliroa cerasi (Eriocampoides limacina)*, Kirschblattwespe; *Pteronus ribesii (Nematus ventricosus)*, gelbe Stachelbeerblattwespe; *Lophyrus pini* Kiefernblattwespe; *Arge (Hylotoma) rosae*, Rosen-Bürstenhornwespe; *Neurotoma flaviventris*, gesellige Birnblattwespe; *Cephaleia (Lyda) abietis* und andere Arten, Gespinstblattwespen, an Nadelhözern.

Fam. Cephiden, Halmwespen, *Cephus pygmaeus*, Getreidehalmwespe; *Janus (Cephus) compressus*, Birntriebwespe.

Fam. Siriciden, Sägewespen. Larven im Holz. *Sirex gigas* und *S. (Paururus) juvencus*, Holzwespen, in Nadelhölzern.

2. *Apocrita.* Mit gestieltem Hinterleib

Der erste Hinterleibsring ist an der Bildung der Brust beteiligt; Schenkelring aus zwei Gliedern bestehend.

a) *Terebrantia*, mit Legebohrer

Fam. Cynipiden, Gallwespen. Die Larven der phytophagen Cynipiden leben in Gallen und ernähren sich von der Gallensubstanz entweder als echte Gallenerzeuger oder als Einmieter in Pflanzengallen; die Larven der zoophagen Cynipiden leben als Entoparasiten in anderen Insekten. Zahlreiche Arten, aber von geringer praktischer Bedeutung. *Rhodites rosae*, in den Rosenbedeguaren.

Entomophagen, Schlupfwespen. Die außerordentlich zahlreichen Schlupfwespen zerfallen in einige Familien, von denen die Chalcididen (Zehrwespen), Evaniiden (Hungerwespen), Ichneumoniden (echte Schlupfwespen) und Braconiden (Schlupfwespenverwandte, mit der Unterfamilie der Aphidiinen, Blattlausparasiten) zu erwähnen sind. Zu den Chalcididen gehört auch eine Anzahl von Pflanzenparasiten.

b) *Aculeata*, mit Stachel

Hinterleib gestielt, Schenkelring aus einem Glied bestehend; Weibchen mit zurückziehbarem Giftstachel.

Fossores, Grabwespen. Hierzu gehören die als Insekten-, besonders als Raupenfeinde bekannten Dolchwespen und Sandwespen.

Diploptera, echte Wespen. Von den Feldwespen, Lehmwespen und Papierwespen sind nur die letzteren an Früchten schädlich. *Vespa germanica*, deutsche Wespe; *V. crabro*, Hornisse.

Fam. Apiden, Bienen. Keine wesentlich schädlichen Arten. *Megachile*, Blattschneidebiene.

Fam. Formiciden, Ameisen; Unterfam. Ponerinen (Stachelameisen), Dolichoderinen und Camponotinen mit eingliederigem Stielchen, Myrmicinen (Knotenameisen) mit zweigliederigem Stielchen. In Europa nicht direkt pflanzenschädlich, aber an Vorräten und auch in Gewächshäusern lästig; indirekt durch die Pflege von Pflanzenläusen schädlich.

VIII. *Lepidoptera*, Schmetterlinge

Schuppenflügler; die Flügel und der Körper sind mit feinen Schuppen bekleidet; beide Flügelpaare sind groß. Vollkommene Verwandlung. Mundteile saugend, bei den Larven (Raupen) beißend. Die Raupen haben drei Paar Brustbeine und zwei oder fünf Paar ungegliederter Bauchfüße; letztes Paar = Nachschieber. Die Raupen nähren sich von den verschiedensten Pflanzenorganen, am meisten als Laubfresser, viele jedoch im Innern von Pflanzenteilen. Sehr wichtige Schädlinge.

Man teilt die Schmetterlinge in zwei große Gruppen, Großschmetterlinge und Kleinschmetterlinge, ein. Von den ersteren werden zwei Untergruppen unterschieden, die Tagfalter und die Dämmerungs- und Nachtschmetterlinge.

1. *Macrolepidoptera*, Großschmetterlinge

a) *Rhopalocera*, Tagfalter. Fühler an der Spitze keulenförmig. Flügel breit, in der Ruhe aufrecht. Leib schlank. Meist bei Tage fliegend.

Fam. Pieriden, Weißlinge. *Pieris brassicae*, großer Kohlweißling; *Aporia crataegi*, Baumweißling.

b) *Heterocera*, Dämmerungs- und Nachtschmetterlinge. Fühler verschiedenartig, spindel-, borsten-, fadenförmig, oft gekämmt. Flügel in der Ruhe flach oder dachig um den Leib gelegt. Die Warzen der Bauchbeine bei den Raupen in zwei Reihen.

Fam. Sphingiden, Schwärmer. *Chaerocampa celerio*, großer Weinschwärmer.

Fam. Notodontiden, Zahnspinner. *Cnethocampa (Thaumatopoea) processionea*, Eichen-Prozessionsspinner; *C. pinivora*, Kiefern-Prozessionsspinner; *C. pityocampa*, Fichten-Prozessionsspinner.

Fam. Lymantriiden (Lipariden). *Lymantria (Psilura) monacha*, Nonne; polyphag, von Zeit zu Zeit in ungeheuren Mengen (Fraßperioden) auftretend und besonders an Fichten verderblich; *L. dispar*, Schwammspinner, polyphag; in Nordamerika eingeschleppt und dort einer der gefährlichsten Schädlinge (gipsy moth); *Euproctis chrysorrhoea*, Goldafter (große Raupennester), ebenfalls in Nordamerika eingeschleppt und ähnlich schädlich (brown-tail moth).

Fam. Psychiden, Sackträger. Weibchen ohne Flügel, in dem Raupensack, in den Pflanzenteile eingesponnen sind. *Psyche (Pachytelia) unicolor*, in Weinbergen schädlich.

Fam. Lasiocampiden. *Dendrolimus pini*, Kiefernspinner; *Malacosoma neustria*, Ringelspinner, an Obstbäumen.

Fam. Geometriden, Spanner. Raupen nackt, dürren Zweigen ähnlich; Bauchfüße in der Regel am neunten und zwölften Ring. *Bupalus piniarius*, Kiefernspanner; *Hibernia defoliaria*, großer Frostspanner, Weibchen ungeflügelt; *Cheimatobia brumata* und *boreata*, kleine Frostspanner, Weibchen mit ganz kurzen Flügeln, Falter im Winter, Raupen im Frühjahr; *Abraxas grossulariata*, Stachelbeerspanner.

Fam. Noctuiden, Eulen; Raupen glatt, düster gefärbt; Puppen in der Erde. Viele stark schädliche, besonders auch ausländische Arten (army worms, cut worms). *Plusia gamma*, Gammaeule, polyphag. *Panolis griseovariegata*, Kiefern- oder Forleule; *Hadena secalis*, Getreideeule; *H. basilinea*, Queckeneule; *Mamestra brassicae*, Kohleule; *Agrotis*, Erdeulen, als „Erdraupen" wichtige polyphage Schädlinge, besonders *A. segetum*, die Wintersaateule, an Getreide, Rüben, Kartoffeln.

Fam. Cossiden, Holzbohrer. *Zeuzera pirina*, Blausieb; *Cossus cossus (ligniperda)*, Weidenbohrer.

Fam. Sesiiden, Glasflügler; Raupen ebenfalls im Holz. *Bembecia hylaeiformis*, Himbeerglasflügler; *Sesia myopaeformis*, Apfelbaumglasflügler.

Fam. Hepialiden, Wurzelbohrer. *Hepialus humuli*, Hopfenspinner.

2. *Microlepidoptera*, Kleinschmetterlinge

Meist kleine Arten; Flügel in der Ruhe flach oder dachig um den Leib gelegt; Fühler lang, borstenförmig; Hinterschienen mit doppeltem Sporenpaar. Bei den Raupen sind die Warzen der Bauchbeine kreisförmig angeordnet. Sehr zahlreiche an den verschiedensten Pflanzenteilen und -produkten schädliche Arten, vielfach auch im Innern oder unter der Oberhaut minierend. Die folgenden vier Familien sind jetzt in viele kleinere Familien aufgelöst.

Fam. Pterophoriden, Federmotten, Geistchen; Flügel in je sechs Federn gespalten.

Fam. Tineiden, Motten, Schaben. An Obstbäumen: *Cemiostoma scitella* und *Lyonetia clerkella*, Apfelminiermotte; *Blastodacna putripennella*, Apfelmarkschabe, Apfeltriebmotte; *Anarsia lineatella*, Pfirsichmotte; *Argyresthia conjugella*, Apfelmotte, ursprünglich in der Eberesche, feine Gänge im Fruchtfleisch; *Hyponomeuta malinellus*, Apfelbaum-Gespinstmotte; *Simaethis pariana*, Apfelblattwickler (Skelettierfraß).

An anderen Pflanzen: *Gracilaria syringella*, Syringenmotte; *Coleophora laricella*, Lärchenminiermotte (Sackmotte); *Phthorimaea operculella*, Kartoffelmotte, in wärmeren Gegenden verbreitet, Fraßgänge unter der Schale; *Plutella cruciferarum (maculipennis)*, Kohlschabe.

An Saatgut: *Tinea granella*, Kornmotte, weißer Kornwurm; *Sitotroga cerealella*, französische Kornmotte.

Fam. Tortriciden, Wickler. An Obstbäumen: *Carpocapsa (Cydia) pomonella*, Apfelwickler, die bekannte „Obstmade"; *Tmetocera ocellana*, roter Knospenwickler und *Olethreutes variegana*, grauer Knospenwickler; *Grapholita woeberiana*, verursacht Krebswucherungen.

An Weinreben: *Cochylis ambiguella* und *Polychrosis (Eudemis) botrana*, einbindiger und bekreuzter Traubenwickler; zwei (bezw. drei) Generationen; als Heuwurm in den Gescheinen, als Sauerwurm

in den Beeren; überwintern als Puppen; *Oenophthira pilleriana (Pyralis vitana)*, Springwurmwickler.

An Laubhölzern: *Tortrix viridana*, grüner Eichenwickler.

An Nadelhölzern: *Grapholitha zebeana*, Lärchengallenwickler; *Evetria resinella*, Kiefernharzgallenwickler; *E. buoliana*, Kiefern-triebwickler; *E. turionana*, Kiefernknospenwickler; *Cacoecia murinana*, Weißtannentriebwickler und *C. histrionana*, Fichtentrieb-wickler.

An Erbsen: *Grapholitha dorsana*, *Gr. nebritana* und *Gr. nigricana*, Erbsenwickler.

Fam. Pyraliden, Zünsler. *Pyrausta nubilalis*, Hirsezünsler, Gliedwurm, in Mais, Hopfen, Hanf; neuerdings nach Nordamerika verschleppt und dort ein sehr gefährlicher Maisschädling; *Pionea forficalis*, Kohlzünsler; *Phlyctaenodes (Loxostege) sticticalis*, Wiesen-zünsler, neuerdings gefährlicher Rübenschädling; *Evergestis extimalis*, Rübensaatpfeifer; *Zophodia convolutella*, Stachelbeerzünsler.

An Saatgut und Vorräten: *Ephestia kühniella*, Mehlmotte; *Asopia farinalis*, Mehlzünsler; *Plodia interpunctella*, Dörrobstschabe.

IX. *Diptera*, Zweiflügler

Die Zweiflügler oder Fliegen haben, von einigen Ausnahmen, die flügellos sind, abgesehen, stets nur zwei entwickelte Flügel, die Vorderflügel; das zweite Paar ist zu gestielten Knöpfchen, den Schwingkölbchen oder Halteren, verkümmert. Die Mundteile sind beim Vollkerf saugend; die Verwandlung ist vollkommen; die Larven sind meist Maden, fußlos und ohne deutlichen Kopf; die Puppe ist häufig oval, ungegliedert, eine sogen. Tönnchenpuppe.

Nur ein Teil der großen Ordnung ist pflanzenschädlich durch die Tätigkeit der Maden, die meist minierend in allen nicht verholzten Pflanzenteilen vorkommen und vielfach Fäulen oder Gallen erzeugen, seltener frei leben; sonst an totem Material, aber auch in Insekten und höheren Tieren parasitisch. Unter den Vollkerfen wichtige Blutsauger und Krankheitsüberträger des Menschen und der Tiere.

Einteilung nach der Form der Puppe, der Ausbildung der Fühler und der Art des Ausschlüpfens aus der Puppenhaut.

Fam. Osciniden. *Oscinis frit* und *O. pusilla*, Fritfliegen, im Sproßgipfel, besonders am Wintergetreide schädlich; *Chlorops taeni-*

opus, Halmfliege, meist an Weizen (Gicht oder Podagra des Getreides).

Fam. Psiliden. *Psila rosae*, Möhrenfliege (Eisenmadigkeit).

Fam. Trypetiden, Fruchtfliegen. Hauptsächlich in wärmeren Ländern; z. B. *Dacus oleae*, Olivenfliege, und *Ceratitis capitata* an Citrusfrüchten. *Rhagoletis* (*Spilographa*) *cerasi*, Kirschenfliege, Kirschenmade; *Platyparaea poeciloptera*, Spargelfliege.

Fam. Anthomyiden. *Anthomyia radicum*, Wurzelfliege, in *Raphanus*- und *Brassica*-Arten; *Chortophila brassicae*, Kohlfliege; *Pegomyia hyoscyami*, Runkelfliege (Blattminen); *Hylemyia antiqua*, Zwiebelfliege; *H. coarctata*, Getreideblumenfliege, Schädlichkeit wie bei der Fritfliege.

Fam. Syrphiden, Schwebfliegen; Larven zum Teil Blattlausfeinde. *Eumerus strigatus*, Zwiebelmondfliege.

Fam. Tipuliden, Schnaken. Langbeinige Fliegen, deren Larven im Boden leben und an Wurzeln fressen; besonders an Keimpflanzen schädlich, polyphag. *Tipula*- und *Pachyrhina*-Arten.

Fam. Cecidomyiden, Gallmücken. *Clinodiplosis oculiperda*, Rosenokulatengallmücke, Okuliermade, in Wundstellen von Rosen und auch von Obstbäumen; *Cl. rosiperda*, Rosengallmücke in den Blütenknospen; *Contarinia* (*Diplosis*) *tritici*, Weizengallmücke, zerstört einzelne Körner; *C. pyrivora*, Birngallmücke, in den jungen Früchten; *C. viticola*, Rebenblüten-Gallmücke, in Blütenknospen; *Mayetiola destructor*, Hessenfliege, im unteren Teile des Halmes von Getreide; *Dasyneura brassicae*, Kohlgallmücke, in den Schoten; *D. pyri*, Birnblatt-Gallmücke, in Blattrollungen; *Rhabdophaga saliciperda* und *Rh. salicis*, an Weiden in Rinde und Mark.

Fam. Bibioniden, Haarmücken. *Bibio hortulanus*, Gartenhaarmücke, und verwandte Arten; die raupenähnlichen, borstigen Larven im Boden an Wurzeln aller Art.

Wirbeltiere

Aves, Vögel

Die Vögel, von denen viele als Insektenfresser nützlich sind, (s. Vogelschutz), werden an Kulturpflanzen selbst selten schädlich; so gelegentlich durch Abfressen von Knospen und jungen Trieben. Wichtiger ist ihr Schaden an Früchten (Amsel, Staar) und am meisten derjenige durch das Fressen von Sämereien, besonders

Getreidekörnern und keimenden Saaten (Tauben, Sperlinge und die sonst nützliche Saatkrähe).

Mammalia, Säugetiere

Insectivoren, Insektenfresser. Daß der umstrittene Maulwurf gelegentlich durch Bloßlegen von Wurzeln schädlich und sonst durch das Aufwerfen seiner Haufen sehr lästig wird, ist bekannt.

Rodentia, Nagetiere. Ein gefährlicher Schädling, weniger an Pflanzen, als durch ihre Wühlarbeit, ist die aus Nordamerika stammende und in ihrer Ausbreitung begriffene Bisamratte, *Fiber zibethicus*. Hasen, Eichhörnchen und Bilche (Siebenschläfer) brauchen hier nur erwähnt zu werden; ebenso der am meisten durch Einsammeln von Körnerfrüchten schädliche Hamster.

Von den Mäusen (Muriden) gehört die Feldmaus (*Arvicola arvalis*) durch ihre periodische, von der Witterung abhängige Massenvermehrung zu den allerschädlichsten Tieren. Besonders an Obst- und Forstbäumen durch Entrinden und Zernagen der Wurzeln schädlich ist die Wühl- oder Mollmaus (*Arvicola terrestris* und *A. amphibius*). Durch Abbeißen von Getreidehalmen schadet die Zwergmaus (*Mus minutus*).

Ungulaten, Huftiere. Von den Cerviden sind Hirsche und Rehe am meisten durch Schälen der Rinde forstschädlich. Der Schaden von Weidevieh, besonders Ziegen, ist bekannt; zu erwähnen sind dabei noch die besonderen Wuchsformen, die durch Wildverbiß zustande kommen.

Anhang

Filtrierbare Vira als Krankheitsursachen

(Viruskrankheiten; sog. physiologische oder enzymatische Krankheiten)

Bei manchen Pflanzenkrankheiten, die man früher als aus unbekannten Ursachen entstandene Störungen der physiologischen Funktionen ansah, hat sich herausgestellt, daß sie sich hinsichtlich ihrer Übertragbarkeit genau wie Infektionskrankheiten verhalten, nur mit dem Unterschied, daß es nicht gelungen ist, Organismen als Erreger dieser Krankheiten einwandfrei nachzuweisen. Da das übertragende Agens, soweit bekannt, die Eigenschaft hat, Bakterienfilter zu passieren, bezeichnet man es als filtrierbares Virus. Zum Teil wird die Ursache solcher Krankheiten lediglich in Enzymen

gesehen, die infolge von Stoffwechselstörungen gebildet und durch katalytische Wirkung in der Pflanze vermehrt werden, doch sprechen andere, auch die bei der Erforschung entsprechender Tierseuchen gewonnenen Erfahrungen dagegen; so konnte z. B. das Virus der Maul- und Klauenseuche durch Weiterimpfung in künstlichen Medien bis zur 5. Generation virulent weitergezüchtet werden. Auch die Übertragung dieser Krankheiten durch saugende Insekten und die teilweise Überwinterung in ihnen entspricht ganz der Übertragung von Mikroorganismen, ebenso die Ausbreitung in den Pflanzen und ihre Vererbung durch Samen (z. B. einige Mosaikkrankheiten) oder Ableger. Mit den Enzymen (zugleich auch mit den Organismen) teilt das Virus die Eigenschaft, durch bestimmte Wärmegrade zerstört zu werden.

Krankheiten dieser Art, die man auch als nichtparasitäre Infektionskrankheiten bezeichnen kann, sind Mosaikkrankheiten, infektiöse Chlorose, Blattroll- und Kräuselkrankheiten. Für die Bekämpfung kommt neben Sortenwahl und Saaatgutwechsel die Immunitätszüchtung und die Vertilgung gleichzeitiger anderer Wirte, neuerdings die Bekämpfung der übertragenden Insekten (Zikaden, Blattläuse, seltener fressende Insekten) in Frage.

2. Unbelebte Krankheitsursachen

(Nichtparasitäre Krankheiten)

Wirtschaftlich kommt den nichtparasitären Krankheiten eine viel größere Bedeutung zu, als den durch Organismen hervorgerufenen. Wir können unter ihren Ursachen die in der Natur gegebenen Einflüsse des Bodens und der Witterung von chemischen durch menschliche Tätigkeit entstehenden Einflüssen unterscheiden, wozu einesteils die mit der Industrie zusammenhängenden der Rauchgase und Abwässer, andernteils die mit dem Pflanzenbau selbst verbundenen von ungeeigneter Düngung und der Nebenwirkung von Schädlingsbekämpfungsmitteln gehören.

Zu den nichtparasitären Krankheiten pflegt man auch noch die Wunden zu rechnen. Als Krankheitsformen haben wir sie schon in den Abschnitten über Krankheitsbild und über pathologische Anatomie kennen gelernt. Ihre Ursachen sind dagegen in dem vorliegenden Kapitel jeweils an der gehörigen Stelle aufzuführen;

es kommen als solche hauptsächlich in Betracht: Hagel, Frost, Wind, Blitzschlag, das Beschneiden der kultivierten Bäume und schließlich die zahlreichen Formen des Tierfraßes.

Unter den oben genannten Ursachen sind es die Witterungseinflüsse, welche die größten Schädigungen bedingen und sie sind zugleich diejenigen, denen man am wenigsten entgegenwirken kann, die auch unter sonst günstigen Kulturbedingungen einen unberechenbaren und unbeeinflußbaren Faktor bilden. Nichtsdestoweniger ist die Erkennung und Unterscheidung der unbelebten Krankheitsursachen eine wichtige Aufgabe. Sie ist in vielen Fällen, besonders dann, wenn es sich um langdauernde Einwirkungen oder Nachwirkungen handelt, auf das Krankheitsbild allein angewiesen und wird noch dadurch erschwert, daß viele der hierher gehörigen Erscheinungen, wie z. B. die Dürren, durchaus nicht eindeutige Symptome sind, sondern infolge der verschiedenartigsten Schädigungen auftreten können. Weiterhin muß hier auch stets mit dem Zusammentreffen verschiedener Krankheitsursachen, wie Nässe und Kälte, Trockenheit und Wärme, deren Wirkung oft noch durch Bodeneinflüsse verstärkt wird, gerechnet werden, unter denen das entscheidende Moment aufzudecken ist.

Vielleicht mehr noch als bei den von Organismen herrührenden Krankheiten und Beschädigungen berühren wir hier das Grenzgebiet zwischen Krankheit oder krankhaftem Zustand und physiologischer Anpassungsreaktion auf äußere Einflüsse. Wenn sich die Wuchsform eines Baumes der Lichtverteilung entsprechend seiner Umgebung anpaßt oder wenn Kulturpflanzen auf Struktur und Nährstoffgehalt des Bodens und das Gesamtklima unverkennbar durch mehr oder weniger freudiges Wachstum reagieren, so kann man nicht ohne weiteres alle Abweichungen von der Norm, auch nicht alle Abweichungen nach der Minusseite hin, als krankhaft bezeichnen. Sehr wohl können aber schon allerkleinste Veränderungen einschneidende Bedeutung in wirtschaftlicher Hinsicht haben und für die Rentabilität einer Kultur entscheidend sein. Daher muß hier die praktische Aufgabe der Pflanzenpathologie bei der Entscheidung über den Umfang des zu behandelnden Stoffes mit berücksichtigt werden.

Wenn wir auch in diesem Kapitel nur die direkte Einwirkung der genannten unbelebten Krankheitsursachen zu erörtern haben, so

kann dabei doch die indirekte Einwirkung, nämlich die Begünstigung parasitärer Krankheiten, nicht außer Betracht gelassen werden. Denn auch ihr kommt eine fast ebenso große Bedeutung zu, auf die in unserer Darstellung immer wieder hingewiesen wird. Sie äußert sich in einer doppelten Weise, einmal als Schwächung der Pflanzen und Steigerung ihrer Anfälligkeit, z. B. durch Verlangsamung des Wachstums und damit Verlängerung der kritischen, anfälligen Altersstufe, zum anderen in der Begünstigung der Parasiten. So bedürfen Pilze stets einer gewissen Feuchtigkeit zur Entwicklung, insbesondere der Luftfeuchtigkeit zur Sporenkeimung, die der Infektion vorangeht; oder es vermehren sich Tiere am stärksten bei Trockenheit, wie gerade von den gefährlichsten Massenschädlingen, den Feldmäusen und Heuschrecken bekannt ist.

Da in dem vorliegenden Kapitel von den Ursachen die Rede sein soll, die Krankheitserscheinungen aber in anderem Zusammenhang Erwähnung fanden, und da es sich im Gegensatz zu den Organismen nicht um ein Eingehen auf die Beschreibung der Ursachen selbst handeln kann, wird hier im wesentlichen ein kurzer Überblick über die Zusammenhänge an Hand der angedeuteten Einteilung zu geben sein.

a) Witterungseinflüsse

1. Feuchtigkeitsverhältnisse (Hydrometeore)

Trockenheit. Die folgenschwersten aller Kulturschädigungen ruft Trockenheit hervor. Sie äußert sich zunächst in gesteigerter Transpiration und verminderter Zufuhr des Wassers, sei es des durch die Wurzeln aus dem Boden oder des durch die Blätter aus der Luft entnommenen, und in verminderter Ernährung. In leichten Fällen und bei unvermitteltem Eintritt der Trockenheit tritt das Welken ein, der Turgor sinkt und die Gewebe werden schlaff. Hat das Welken noch nicht zum Absterben der Gewebe geführt, so richten sich die Organe nach Wasserzufuhr wieder auf. Weiterhin wird das Wachstum verlangsamt und die Pflanzen bleiben klein und die Erträge an Reservestoffen oder Früchten gering. Bei intensiver Trockenheit und längerer Dauer geht dieser Mißwachs in Dürre über, es kommt zum Absterben (Nekrose) erst der Blätter und übrigen Assimilationsflächen, dann der ganzen Pflanze. Extreme

Trockenjahre bedingen daher Hungersnöte; solche Jahre sind in unserem Klima selten, häufiger in kontinentalem Klima und in Monsunklima.

Klimatisch fällt die Trockenheit meist mit höherer Temperatur zusammen, da bei letzterer der relative Feuchtigkeitsgehalt der Luft rasch abnimmt (mittägliches Welken des Laubes); anderseits treten ihre Wirkungen rascher ein auf leichten Sandböden.

Indirekte Wirkungen sind die schon wiederholt erwähnte Begünstigung der Vermehrung tierischer Schädlinge, besonders auch kleiner Tiere, wie der Blattläuse, Blasenfüße und Milben, und von Trockenfäulen, zu denen ja auch schon die Dürre selbst zu rechnen ist, wie z. B. der Herz- und Trockenfäule der Rüben.

Einzelerscheinungen der Trockenheit sind, außer dem allgemeinen Zuwachsverlust und dem Verdorren, das meist an den Blattspitzen beginnt, die Hemmung der Entfaltung der Knospen und das Absterben der jüngsten, aus den Knospen hervorbrechenden Triebe, der Hitzelaubfall, bei manchen Pflanzen das Abwerfen von Blütenknospen oder jungen Früchten, und in seltenen Fällen der eigentliche Honigtau, eine tropfenförmige Ausscheidung zuckerhaltiger Flüssigkeit aus Spaltöffnungen von Blüten- oder Laubblättern. Andere bekannte Folgen der Trockenheit an Kulturgewächsen sind das Verscheinen des Getreides, wenn die Dürre während der Blüte einsetzt und die Befruchtung verhindert, die Fadenkeimbildung und das Durchwachsen der Kartoffeln (Kindelbildung), an Früchten aller Art die Notreife und an Wurzeln das Verholzen von Parenchymgeweben. Auch das Steinigwerden oder die Steinzellenkrankheit der Birnen (*Lithiasis*) und die Stippflecken der Äpfel, unter Bräunung abgestorbene, bitter schmeckende Gewebspartien, werden auf Trockenheit zurückgeführt.

Übermäßige Feuchtigkeit. Wirkungen übermäßiger Luftfeuchtigkeit treten erst bei längerer Dauer der Einwirkung in Erscheinung und werden meist nur an Gewächshauskulturen zu beobachten sein. Eine Folge, die auch im Freien öfter auftritt, ist die Perldrüsenbildung der Weinreben. Überhaupt handelt es sich in diesen Fällen, soweit nicht ähnlich wie beim Etiolement infolge der unzureichenden Transpiration eine mangelhafte Gewebedifferenzierung (Ausbleiben der Verholzung der Membranen usw.) eintritt, um Bildung von Intumeszenzen, wie Korkwucherung, Lenti-

zellenwucherung oder Korksucht, die besonders auch Blätter und Früchte betrifft und an ersteren zur Durchlöcherung führen kann.

Wirkungen des Wasserüberschusses im Boden hängen wohl meist mit Bodenverhältnissen zusammen und treten am häufigsten auf schweren Böden ein, wo das Wasser stagniert. Die Wurzeltätigkeit wird dabei durch Sauerstoffmangel gehemmt und die ungenügende Nährstoffzufuhr führt erst zu einem Gelbwerden des Laubes, weiterhin treten Wurzelfäulen ein, bei denen meist nicht zu unterscheiden ist, ob sie von Schwächeparasiten oder nach dem Absterben der Gewebe von Saprophyten hervorgerufen sind. Es können aber auch an oberirdischen Organen Folgekrankheiten übermäßiger Wasserzufuhr auftreten, die dann mit ungenügender Transpiration zusammenhängen. So kommt es bei fleischigen Pflanzenteilen zum Aufplatzen, das nicht nur von Obstfrüchten, sondern auch von krautigen Stengeln, wie z. B. der Bohnenpflanzen, bekannt ist. Eine andere Erscheinung, die mit unzureichender Verdunstung bei starker Wasserzufuhr zusammenhängt, ist die an Obststräuchern und -bäumen auftretende Wassersucht, die in dem streifen- oder flächenförmigen Aufplatzen von Rindenschichten und nachfolgenden Korkwucherungen besteht.

Einzelne Niederschlagsformen. Der Tau, der den Pflanzen vielfach das Gedeihen noch ermöglicht, wo andere Niederschläge und Bodenfeuchtigkeit nicht ausreichen, dürfte als direkt schädlich nicht in Betracht kommen. Mittelbar ist er aber einer der wichtigsten Faktoren beim Zustandekommen von Pilzkrankheiten, da er das zur Keimung der angewehten und sonst verschleppten Pilzsporen auf den Pflanzenorganen nötige tropfbare Wasser liefert.

Der Nebel entspricht in seiner Wirkung der übermäßigen gelösten Luftfeuchtigkeit, wobei noch Lichtmangel hinzukommen kann. In unserem Klima kommt ihm keine besondere pflanzenpathologische Bedeutung zu.

Regengüsse schaden mehr indirekt durch Verschlemmung des Bodens als durch ihre mechanische Wirkung auf die Pflanzen, da diese auch an starke Regen im allgemeinen hinreichend angepaßt sind.

Die normale Wirkung des Schnees ist eine frostschützende. Wenn jedoch größere Schneemengen auf Bäumen liegen bleiben, kommt durch ihr Gewicht der Schneebruch, das Abbrechen von

Ästen und selbst von Stämmen zustande, das als Waldbeschädigung großen Umfang annehmen kann, während bei weichem Boden und besonders an Abhängen die Stämme geworfen werden können. Ähnliche mechanische Wirkungen können auch infolge von **Duftanhang und Rauhreif** eintreten.

Eine mit der Luftfeuchtigkeit unter der Schneedecke zusammenhängende indirekte Schädigung ist die Begünstigung des Schneeschimmels bei den Wintersaaten, wogegen die Schneedecke aber auch direkt schaden kann, wenn sie zu lange liegen bleibt und überwinternde krautartige Pflanzen dadurch zum Ersticken bringt.

Hagel. Die Hagelschäden gehören zu den schwersten Schädigungen des Pflanzenlebens und damit der Landwirtschaft. Die relative Häufigkeit ihres Eintretens hängt mit der Oberflächengestaltung der Erde zusammen; es gibt „Hagelstriche", die ganz eng begrenzt sein können und häufiger als ihre Umgebung vom Hagel heimgesucht werden. Die Schadenwirkung des Hagels ist eine rein mechanische und von der Größe und Anzahl der Körner abhängig, indem durch den Aufschlag Pflanzengewebe entweder gequetscht oder zerrissen werden. Charakteristisch sind die entstehenden Hagelflecken und -wunden; für den Nachweis ist dabei auch die einseitige Schlagrichtung von Bedeutung. Getreide und krautartige Pflanzen werden am meisten geschädigt; an den Blättern und Halmen sind die Hagelflecken weiß, weil die Gewebe unter der Epidermis gequetscht und von ihr abgelöst sind. Auch an holzigen Stengeln treten, wenn sie nicht zerrissen werden, Schlagwunden ein, die besonders in späteren Stadien leicht daran zu erkennen sind, daß die weichen Rindenschichten zerstört, aber die Faserbündel erhalten geblieben sind. Die letzteren heben sich dann als helle Streifen in dem grünen oder gebräunten Gewebe ab. Bei größeren Bäumen bilden sich nach starken Hagelwettern, die das Laub und die jungen Zweige zerschlagen haben, durch das Austreiben von Adventivknospen charakteristische Wuchsformen aus, die sich zuweilen erst nach mehreren Jahren wieder ausgleichen. Die Quetschungen, die an grünen Pflanzenteilen oder an Früchten, aber auch an stärkerer Rinde auftreten, bieten häufig zu Anfang wenig Charakteristisches außer ihrer einseitigen Lokalisation. Erst späterhin werden sie durch ihre Begrenzung und die Beschränkung auf weiche Gewebe unterhalb der härteren Haut- oder Rinden-

schichten eindeutig. Selbstverständlich bilden die Hagelwunden bei nachfolgendem feuchtem Wetter eine besondere Gefahr wegen der Ansiedlung von Wundparasiten, insbesondere von Fäulniserregern.

2. Temperaturverhältnisse

Ebenso, wie an bestimmte Feuchtigkeitsgrade, sind die Pflanzen auch an bestimmte Temperaturgrade angepaßt und die Abweichung von der normalen Variationsbreite führt zu entsprechenden Schädigungen. Wir bezeichnen dem Sprachgebrauch folgend die über der jeweiligen Norm oder dem Optimum liegenden Temperaturen als Wärme, die unterhalb liegenden als Kälte. Die wichtigsten Temperaturschäden sind die Frostwirkungen, die in einer ungemeinen Mannigfaltigkeit auftreten.

Kälte. Wir gehen hier nicht auf die überwiegend in das Gebiet der Physiologie gehörenden Erscheinungen beim Gefrieren und Erfrieren an sich ein, sondern befassen uns nur mit den Kulturschädigungen, die durch niedere Temperaturen hervorgerufen werden. Wir unterscheiden dabei Wirkungen der Kälte im allgemeinen, hauptsächlich der Winterkälte, und die besonderen Schädigungen durch Spätfröste im Frühjahr und Frühfröste im Herbst.

Temperaturen, die unterhalb des Optimums liegen, wirken wachstumshemmend; sie verlangsamen den Zuwachs und verzögern die Reife. Das Absterben von Pflanzen und ihren Teilen (Erfrieren) rufen aber erst Temperaturen hervor, die unterhalb des spezifischen Minimums liegen; dieses fällt jedoch nicht mit dem Gefrierpunkt des Wassers zusammen, sondern kann höher oder auch viel niedriger sein.

Eine der einfachsten Kältewirkungen ist das Süßwerden der Kartoffeln bei schwachen Kältegraden oberhalb des Gefrierpunktes, das darauf beruht, daß der den Zucker verbrauchende Atmungsprozeß gehemmt ist, während die Umbildung von Stärke in Zucker noch weitergeht. Ebenfalls als Wirkung andauernder zu niederer Temperaturen tritt das Gelbbleiben junger Blätter auf, wenn ihnen nach dem Austreiben nicht die zu ihrer Ernährung nötige Wärme geboten wird. Unter den direkten Frostschäden ist das Erfrieren einjähriger Triebe bei mangelnder Holzreife wichtig, die eine Folge ungenügender Sommerwärme oder der zu späten Neubildung von Trieben, aber auch von Schwächung durch Laub-

krankheiten sein kann. Beim Fehlen der Schneedecke und starker Kälte kann es in nassen Lagen zum Erfrieren der Wurzeln von Gehölzen kommen, ohne daß die oberirdischen Teile erfrieren, da jene weicher gebaut sind als das Stammholz. An den Stämmen und Ästen sonst winterharter Bäume treten Schädigungen hauptsächlich durch schroffe und große Temperaturwechsel ein. Auf diese Weise kommen besonders die bekannten senkrechten Frostrisse zustande, da die Rinde und das äußere Holz sich unter der Temperaturerniedrigung stark zusammenziehen, während der Kern noch unter höherer Temperatur ausgedehnt ist; solche Frostrisse verheilen dann durch Überwallung unter Bildung von sogen. Frostleisten. Die auch als Brand bezeichneten Frostplatten sind dagegen tote Rindenstellen von mehr oder weniger rundlicher Form; an ihrem Zustandekommen ist vielfach die Erwärmung durch Sonnenstrahlen im Wechsel mit starker Kälte beteiligt. Erwähnung verdient hier auch noch der an vielen Bäumen in jeweils verschiedener Form auftretende Frostkrebs, der durch alljährlich wiederholtes Erfrieren des parenchymatischen unausgereiften Wundholzes entsteht; die ursprüngliche Veranlassung können dabei außer Frostschäden auch durch Insekten verursachte Wunden oder Pilzinfektion sein.

Ein ganz andersartiger direkter Frostschaden liegt dem eigentlichen Auswintern der Wintersaaten zugrunde. Auf schweren Böden werden durch das Gefrieren des Wassers die oberen Schichten und mit ihnen die junge Saat in die Höhe gehoben, wodurch ein Teil der Wurzeln abreißt. Wiederholt sich dieser Vorgang mehrmals, so wird die Saat dadurch oft in solchem Umfang geschädigt, daß sie untergepflügt werden muß.

Eine besonders große wirtschaftliche Bedeutung haben die bei Kälterückfällen im Frühjahr auftretenden Spätfröste. Sie sind am schädlichsten, wenn sie in die Blütezeit fallen; hauptsächlich die Obsternte wird dadurch in vielen Jahren geschädigt oder zerstört, aber auch die Getreideernte kann in gleicher Weise durch Erfrieren der Blüten vernichtet werden. Ebenfalls eine häufige Erscheinung ist das Erfrieren von Frühjahrssaaten, jungen Trieben an Kartoffeln und an Gehölzen, wenn warme Witterung die Vegetation vorher sehr gefördert hat. Als eigenartige Form des Erfrierens ist die Zerschlitzung von Laubblättern, die während des Austreibens der Knospen von Frost befallen werden, bekannt; am

häufigsten wird sie bei der Roßkastanie beobachtet. Der Nachwirkung von Spätfrösten wird auch das Auftreten von Schoßrüben zugeschrieben, die schon im ersten Jahre an Stelle der Reservestoffspeicherung zur Samenbildung schreiten; man führt die Erscheinung auf eine Unterbrechung der Vegetation durch die Kälte zurück.

Die Frühfröste oder Herbstfröste werden am schädlichsten durch das schon erwähnte Erfrieren unausgereiften Jungholzes, das am meisten den Weinbau betrifft. Eine bekannte und häufige Erscheinung ist das Hängenbleiben des Laubes infolge von Frühfrösten, welche die Blätter abtöten, ehe sie normalerweise abgestorben sind und die Trennungsschicht ausgebildet haben. Solches Laub bleibt oft bis zum neuen Austrieb im Frühjahr an den Bäumen. Dieselbe Erscheinung tritt aber auch aus anderen Ursachen ein; z. B. wenn der normale Abschluß der Vegetationszeit durch dauernd kühle Witterung bis zum Eintritt der Kälte verzögert worden ist.

Wärme. Praktisch sind die Schädigungen durch Wärme weniger häufig und umfangreich, als diejenigen durch Kälte, sofern die Wärme nicht in Verbindung mit Trockenheit auftritt, worüber das Nötige oben schon gesagt ist. Beachtenswert ist dieses Zusammenwirken der Faktoren, wenn auf längere feuchtkalte Perioden plötzlich warmes Wetter folgt. Die eintretenden Schäden sind dann dadurch verursacht, daß die Pflanze sich nicht rasch genug der gesteigerten Transpiration anzupassen vermag, und die scheinbare Wärmewirkung ist nur eine Schädigung durch die rasch verminderte Luftfeuchtigkeit. Auch die Bodenbeschaffenheit ist oft an den Schädigungen mitbeteiligt, und während wir Kälteschäden mehr auf schweren Böden finden, treten die Wärmeschäden häufiger auf leichten Böden auf.

Hitzelaubfall und Notreife sind solche Erscheinungen, bei denen die Wärmewirkung nur mitbeteiligt ist. Eine fast reine Wärmeschädigung liegt dagegen vor beim Sonnenbrand, den man zuweilen an saftigen Früchten (Äpfel, Tomaten) beobachtet; schon die Lokalisierung der Brandflächen erweist hier den Zusammenhang mit der Sonnenbestrahlung. Bei Kulturen unter Glas treten ähnliche Brennflecken an Blättern auf, wenn durch Unregelmäßigkeiten in den Glasscheiben oder durch Wassertropfen eine Linsenwirkung zustande kommt. Als Wärmewirkung sei auch noch das

Giftigwerden von Kartoffeln erwähnt, wenn sie bei nicht genügend niedriger Temperatur aufbewahrt werden. Die Giftigkeit entsteht durch Anhäufung von Solanin, das für die Keimung gebildet, aber bei der Lagerung der Kartoffeln nicht rasch genug verbraucht wird.

Die physiologische Wirkung andauernder höherer Wärme auf Kulturpflanzen wird am besten an der Entwicklung unserer Gemüsepflanzen in den Tropen beobachtet; es kommt zu vermehrter Blüten- und Fruchtbildung, wogegen die Ausbildung von Blättern und Knollen gehemmt wird. In dieser unerwünschten Anpassung liegt ein anschauliches extremes Beispiel für einen Teil der als Degeneration oder Abbau bekannten Erscheinungen.

Die Lebensfähigkeit des pflanzlichen Plasmas hat ihre spezifisch verschiedenen Grenzen; oberhalb der maximalen Temperatur stirbt das Plasma ab. Bei der Warmwasserbeizung des Getreides wird ein solcher Unterschied benützt, indem das Brandmyzel in den Getreidekörnern bei einer Temperatur von 52° getötet wird, während diese selbst bei kurzer Einwirkung noch keine Schädigung erleiden.

3. Belichtung

In den Wuchsformen der Pflanzen, besonders auffällig bei am Waldrande stehenden Bäumen, drückt sich ihr Lichtbedürfnis und ihre Anpassungsfähigkeit an den gebotenen Lichtgenuß aus.

Der Lichtmangel hat das Etiolieren (Vergeilen, Verspillern) zur Folge, dessen extremes Auftreten von dem Wachstum im Dunkeln erzogener Keimlinge bekannt ist. Ein leichter Fall von Etiolement liegt beim Lagern des Getreides infolge zu dichter Saat oder zu starker Laubausbildung vor, bei welcher die Ausbildung der Sklerenchymfasern unterbleibt, die den Halm festigen; durch Kalidüngung kann eine Vermehrung der Faserelemente erreicht werden.

Daß der Lichtmangel eine gesteigerte Disposition der Pflanzen für den Befall durch Schädlinge zur Folge haben kann, ergibt sich aus der mangelhaften Gewebedifferenzierung und der veränderten Zusammensetzung des Zellinhaltes. Einer Schattenwirkung schreibt man auch die Verlängerung der Vegetationsdauer infolge von Bespritzungen mit Kupfermitteln zu; unter Umständen, z. B. bei Kartoffeln, kann diese Nebenwirkung des Bespritzens erwünscht sein.

Übermäßige Belichtung, an welche die Pflanzen sich nicht rasch genug anpassen können, äußert sich in Gelblaubigkeit durch gesteigerte Zersetzung des Chlorophylls. Im übrigen ist ihre Wirkung stets mit Trockenheit und anderen Faktoren kombiniert, deren Einfluß dabei überwiegt.

4. Wind

Windbruch und Windwurf, die auffälligste Wirkung starker Stürme, sind rein mechanische Wirkungen.

Am Laube bewirken andauernde Winde dagegen durch übermäßige Verdunstung ein Vertrocknen, das sich durch die charakteristische Blattranddürre von anderen Dürren unterscheidet. Dagegen ist Zerschlitzung der Blätter eine weniger häufige Erscheinung. Gegenüber dieser direkten Schädigung tritt als Folge dauernder und in einseitiger Richtung herrschender Winde (Winddruck) die schiefe Richtung der Stämme und die einseitige fahnenartige Ausbildung der Krone mit exzentrischem Wachstum des Holzkörpers auf. Ähnlich kommen auch die Krüppelformen der Bäume an Küsten und an den Höhegrenzen des Baumwuchses zustande, doch wirken hier andere Faktoren, wie Kälte und Trockenheit, mit dem Winde zusammen.

5. Blitz

Die Wirkung der Blitzschläge ist teils eine mechanische, teils eine chemische. Sie folgt den wasserreicheren Geweben, wodurch bei Bäumen die streifenförmige Absprengung der Rinde zustande kommt; daß diese Absprengung durch plötzliche Dampfbildung zustande kommt, wird vermutet, ist aber nicht sicher bewiesen. Im übrigen handelt es sich um Hitzewirkung. Zu beachten ist, daß häufig auch Streublitze vorkommen, die in Weinbergen und auf Feldern umfangreiche Zerstörungen anrichten können.

b) Bodenverhältnisse

Unter den schädlichen Einflüssen des Bodens können wir Wirkungen seiner chemischen und solche seiner physikalischen Beschaffenheit unterscheiden. Direkte Schädigungen werden hauptsächlich durch Nachteile der ersteren hervorgerufen, denn die Pflanze ist von der Zusammensetzung des Bodens abhängig, da sie aus ihm die mineralischen Nährstoffe und den größten Teil ihres Wasser-

bedarfes bezieht. Ungünstige physikalische Beschaffenheit des Bodens verursacht dagegen Schädigungen meist nur, wenn sie mit anderen Faktoren, wie besonders Trockenheit und Nässe zusammentrifft, worauf bei deren Besprechung schon wiederholt hingewiesen wurde.

1. Nährstoffverhältnisse

Mit der Wirkung der einzelnen Nährstoffe auf das Pflanzenwachstum und dem Bedarf der Pflanzen an ihnen befaßt sich die Düngungslehre. Wir haben hier nur die Schädigungen, die infolge eines Mangels oder Übermaßes an einzelnen Stoffen in den natürlichen Böden eintreten können, zu erwähnen.

Da der Wassergehalt des Bodens meist unmittelbar atmosphärischen Ursprungs ist und die hierzugehörigen Schädigungen von der Witterung abhängen, sind die Folgen von Nässe und Wassermangel schon bei der Besprechung der atmosphärischen Einflüsse erörtert worden.

Ein allgemeiner Nährstoffmangel bewirkt das Kleinbleiben der Pflanzen (Verkümmerung, Nanismus).

Die wesentlichen mineralischen Nährstoffe kommen in natürlichen kulturfähigen Böden nicht in einem Übermaß vor, es kann sich bei ihnen also nur um Mangelerscheinungen handeln, die aber im einzelnen nicht scharf charakterisiert sind. Doch zeigt sich Kalimangel an Blättern durch braun- oder weißwerdende zerstreute Flecken, während vom Kalkhunger verschiedenartige Einzelsymptome aufgeführt werden, die im ganzen eben das Bild des Nährstoffmangels ergeben. Auch Phosphormangel führt zu Fleckenbildung; seine allgemeine Wirkung ist mangelhafte Blüten- und Samenbildung, während ein Stickstoffmangel mehr die Ausbildung der vegetativen Organe hemmt. Eisenmangel ruft das als Chlorose bekannte Gelbwerden des Laubes, das Fehlen des Chlorophyllfarbstoffes, hervor, ist aber physiologisch in mangelhafter Aufnahme von Eisen bedingt, da jeder Boden die nötigen äußerst geringen Mengen enthält.

Ein Überfluß an Mineralbestandteilen kommt an dieser Stelle nur in Frage, soweit es sich um Pflanzen handelt, die gegen einzelne Stoffe, wie Kalk, Schwefel, Chlor usw. empfindlich sind, oder um pflanzenschädliche Stoffe, wie Eisenverbindungen oder mineralische Gifte (Arsen, Blei usw.). In der Chlorose der Weinreben liegt eine indirekte Wirkung von Kalküberschuß vor, indem der Eisengehalt

des Bodens durch den Kalk ausgefällt wird und die Pflanze infolgedessen kein Eisen aufnehmen kann.

Einen wichtigen Einfluß übt die Pflanzenernährung sodann noch durch ihre Beziehung zum Auftreten von nichtparasitären und parasitären Krankheiten, besonders von Pilzen und Bakterien, aus. Dabei steigert der Mangel an den einzelnen Nährstoffen meist die Disposition für die Erkrankung, während umgekehrt auch z. B. eine reichliche Düngung mit Stickstoff manche Krankheiten begünstigen kann. Einige Angaben hierüber werden bei der Besprechung der Kulturmaßnahmen im Pflanzenschutz zu machen sein. Als eine der wichtigsten indirekten Wirkungen des Nährstoffmangels muß hier noch erwähnt werden, daß er durch Verlangsamung des Wachstums die bei vielen Kulturen entscheidende kritische Befallsperiode des Jugendstadiums verlängert.

Neben den Nährstoffen ist noch die Bodenreaktion von großer Bedeutung, weniger dadurch, daß ihr direkte Schädigungen zuzuschreiben wären, als vielmehr durch die Begünstigung der verschiedenartigsten Krankheiten. Durch alkalische Reaktion bei reichlichem Kalkgehalt, die soeben schon erwähnt wurde, kommt auch die Dörrfleckenkrankheit des Hafers zustande, ebenso sind die Schorfkrankheiten der Kartoffeln und Rüben auf alkalischen oder neutralen Böden häufig, wie auch die Herz- und Trockenfäule der Rüben. Saure Reaktion des Bodens, die oft eine Folge der dauernden Anwendung chemischer Düngemittel (Kalisalze, Superphosphat, Sulfate) ist, bedingt Wachstumsstörungen und außerdem die Vermehrung von Pilzkrankheiten, die in solchen Fällen schon durch einfache Kalkung des Bodens eingeschränkt werden können.

2. Physikalische Bodenbeschaffenheit

Die physikalische Bodenbeschaffenheit kann durch Hinzutreten anderer Faktoren zur Ursache wesentlicher Schädigungen der Pflanzen werden. Auf leichten Böden kommt es wegen ihres geringen Wassergehaltes häufiger zu Schäden durch Trockenheit und zu Frostschäden. Auch die durch Trockenheit begünstigten Parasiten, wie Milben, Blasenfüße und Blattläuse, treten hier häufiger und zahlreicher auf. Auf schweren Böden wirkt sich dagegen der nachteilige Einfluß der Nässe am meisten aus und begünstigt besonders Naßfäulen und Fußkrankheiten, auch die Stockkrankheit an Getreide

und Klee. Schwere tonige Böden nehmen leicht saure Reaktion an; trocken verhärten sie stark, so daß das Eindringen der Wurzeln unmöglich wird.

Unter Bodenerkrankungen versteht man gewisse physikalische und chemische Umsetzungen der Böden, die sie für die Vegetation ungeeignet machen. Hierher gehört die Ortsteinbildung, das Entstehen einer harten, undurchlässigen, eisenhaltigen Sandsteinschicht. Bei der Bildung des Ortsteins, wie auch des Klebsandes, sind Humussäuren beteiligt, die zugleich die Nährstoffe des Bodens auslaugen. Derartige Schädigungen machen sich hauptsächlich an Bäumen, in der Forstwirtschaft und im Obstbau, geltend.

Beschränkter Bodenraum, der zu Wurzelkrümmungen führt, hat an sich keine nachteiligen Folgen, solange nicht Nährstoffmangel hinzukommt. In letzterem Falle tritt Verzwergung ein, an deren Zustandekommen auch Wassermangel beteiligt ist. Eine ähnliche Erscheinung liegt in den künstlich gezogenen japanischen Zwergbäumen vor, wobei jedoch kaum mehr von Krankheit, sondern eher von extremer Anpassung die Rede sein kann.

c) Chemische Einflüsse[1])

1. Rauchgase und Abwässer

Die Rauchschadenfrage bildet ein Sondergebiet der Pflanzenpathologie, an welchem neben der Botanik die Chemie in gleicher Weise mitbeteiligt ist. Rauchschäden betreffen am meisten die Forstwirtschaft und ihre Bedeutung erhellt aus der Angabe, daß der Schaden durch industrielle Abgase an den Forstkulturen in Deutschland im Jahre 1907 auf 90000 ha im Zuwachs stark gestörte Waldungen und 9000 ha zerstörte Bestände mit einem laufenden Gesamtverlust von etwa 3 Millionen Mark im Jahre geschätzt wurde. Speziell in Sachsen unterlagen 1908 bereits 2,6% der Gesamtwaldfläche einer merklichen Schädigung durch Rauch.

Da die Feststellung und Abschätzung von Rauchschäden besondere Schwierigkeiten bietet, existiert über sie eine ausführliche Literatur[2]). Wir werden im folgenden wie bei den übrigen Ab-

[1]) Vergl. hierzu den Abschnitt „Intoxikationen" S. 59.

[2]) Vergl. besonders die „Sammlung von Abhandlungen über Abgase und Rauchschäden". Berlin, P. Parey.

schnitten dieses Kapitels nur einen Überblick über das prinzipiell Wichtige geben.

Wie bei den meisten lange Zeit einwirkenden Schädigungen lassen sich auch bei den Rauchschäden Wachstumshemmungen, d. h. im Falle der Holzarten Zuwachsverluste, und Absterben der Pflanzen unterscheiden und obwohl der erstere Teil des Schadens weit erheblicher ist, entgeht er doch leichter der Beobachtung.

In weitaus den meisten Fällen handelt es sich bei den Rauchschäden, wie insbesondere bei dem Steinkohlenrauch, um die Wirkung der schwefligen Säure, neben welcher andere Rauchbestandteile nicht oder wenig in Betracht kommen. Schon ein Gehalt von einem Millionstel des Volumens der Luft an schwefliger Säure erweist sich bei längerer Einwirkung als schädlich. Die Symptome der Rauchschäden treten hauptsächlich an den die Luft aufnehmenden grünen Pflanzenteilen ein und bestehen in unregelmäßigen Blattflecken, an denen das Gewebe abgestorben ist und bräunlich verfärbt ist. Die Flecken sind von einem helleren Rande umgeben und liegen zwischen den Blattnerven, welche ihre hellgrüne Farbe länger behalten. Bei Nadelhölzern beobachtet man eine Rotfärbung der Nadeln; beide Erscheinungen treten natürlich am schnellsten bei neugebildeten, stark atmenden und zarten Blättern ein. Sie sind aber nicht ausschließlich für Rauchschäden charakteristisch, da Frost, Trockenheit und andere Einwirkungen dasselbe Absterben der Blätter herbeiführen und die Rötung der Nadeln ein allgemein nach dem Absterben eintretender Vorgang ist. Als entscheidendes Merkmal hat dagegen neuerdings NEGER[1]) eine Schädigung der Lentizellen an der Rinde junger Zweige beschrieben: Die Lentizellen umgeben sich mit einem eingesunkenen Hof, unter dem das Gewebe abgestorben ist, und das Rindengewebe unterhalb der Lentizellen ist gebräunt.

Bei der Beurteilung der Rauchschäden muß aber auch die Einwirkung der schwefligen Säure auf den Boden beachtet werden, da sie sich bei langer Dauer auch in solchen Fällen geltend macht, wo die Konzentration der Säure zu gering ist, um die auffälligen Symptome am Laub hervorzurufen. Gerade diesem Schaden wird neuerdings eine große Bedeutung zugeschrieben; er besteht in der Ansäuerung des Bodens und in der Auswaschung des durch die Säure gelösten Kalkes.

[1]) In „Angewandte Botanik", Bd. 1. 1919, S. 129 ff.

Andere schädliche Abgase von weniger allgemeiner Bedeutung sind die Salzsäure, welche mehr ein scharf abgegrenztes Absterben des Blattrandes herbeiführt, das Ammoniak, das eine Schwarzfärbung der entstandenen Blattflecken zur Folge hat, Flußsäure, Teerdämpfe usw.

Mehr örtliche begrenzte Schäden werden durch Abwässer angerichtet, wenn durch sie der Boden überschwemmt oder berieselt wird. Sie schaden teils durch Verschlämmung des Bodens, teils durch direkte Zerstörung der Faserwurzeln. Im einzelnen richtet sich die Schädigung natürlich nach der Art und Konzentration der gelösten Stoffe, von denen hauptsächlich Kochsalz, außerdem Magnesium, Zink, Blei und Arsen in Frage kommen.

2. Düngemittel

Unrichtige Düngung ist eine nicht seltene Ursache von Pflanzenkrankheiten, wenn auch hierbei weniger direkte Schädigungen eintreten, sondern die Wirkung mehr in einer mittelbaren Begünstigung von Krankheitsursachen und Schädlingen liegt. Am häufigsten kommt es dabei zu einer Ansäuerung des Bodens durch sauer reagierende Düngemittel, worauf oben schon hingewiesen wurde. Andererseits machen zu starke Kalkgaben den Boden alkalisch und wirken austrocknend.

Gegenüber den mineralischen Düngern machen sich bei einseitiger Stallmistdüngung die Folgen des hohen Stickstoffgehaltes geltend. Dieser begünstigt die Lagerung des Getreides, erhöht die Brand- und Rostempfänglichkeit und fördert die Vermehrung der im Boden lebenden Insekten.

3. Pflanzenschutzmittel

Die Pflanzenschutzmittel, um die es sich hier handelt, sollen an der Pflanze angewendet werden, um schädliche Organismen abzutöten, ohne dabei der Pflanze zu schaden. Man spricht hierbei neuerdings von dem Unterschied zwischen dosis curativa, der Menge bezw. Konzentration, die zum Erfolg nötig ist, und dosis toxica, derjenigen, die Schädigungen der Pflanze hervorruft. Die Übernahme dieses Ausdrucks aus der Medizin ist nicht gerade empfehlenswert, weil es sich dort um innere Therapie handelt, die es bei der Pflanze — noch? — nicht gibt, und weil dort die Gesamtwirkung

der Dosis, nicht ihre Konzentration und Einwirkungsdauer in Frage kommt.

Die am meisten angewendeten Mittel, bei denen schädliche Wirkungen auftreten können, sind Beizmittel und Spritzmittel. Die Warmwasserbeizung des Getreides beruht auf der geringen Differenz zwischen der Temperatur, bei welcher das Brandmyzel in den Getreidekörnern abgetötet wird, und derjenigen, bei welcher die Getreidekörner selbst die Keimkraft verlieren, d. h. abgetötet werden. Bei den chemischen Beizmitteln ist die Konzentration und Einwirkungsdauer genau einzuhalten, die so gewählt sein müssen, daß die Brandsporen getötet werden, ehe das Mittel so tief in die Körner eingedrungen ist, daß es sie schädigt. Solche Schädigungen (Totbeizen) werden hauptsächlich beim Kupfervitriol beobachtet, kommen aber auch z. B. bei Formalin leicht vor, besonders wenn die Körner sehr trocken geerntet und beim Dreschen verletzt worden sind.

Die Spritzschäden, auch fälschlich als Verbrennungen bezeichnet, sind Ätzwirkungen auf der Epidermis der Pflanzen und kommen praktisch wohl meist durch lösliche saure Verbindungen, seltener durch alkalische, zustande. Besonders empfindlich sind natürlich junge Blätter und Früchte; bei den letzteren können auch schon Flecken, die keine Wachstumsschädigung zur Folge haben, eine Wertminderung bedeuten. Vielfach tritt jedoch an Früchten infolge der Flecken einseitiges Wachstum und Verkümmerung ein; seltener kommt es, wie bei manchen Steinobstarten, zur Durchlöcherung der Blätter. Zur Vermeidung der Spritzschäden werden die Spritzbrühen durch Kalk schwach alkalisch gemacht, was ihre Wirkung gegen Pilze natürlich herabmindert. Junges Laub kann nur mit verdünnten Brühen, z. B. höchstens mit einprozentiger Kupferkalkbrühe behandelt werden. Eine gewisse wachstumsfördernde Wirkung des Kupferbelages auf den Blättern ist schon oben erwähnt.

Besonders leicht rufen Arsenbehandlungen solche Schäden hervor, wenn die Mittel lösliches Arsen (arsenige Säure usw.) enthalten. Man setzt auch hier einen Überschuß von Kalk zu und verwendet neuerdings das unlösliche Kalziumarsenit, in anderen Ländern auch Bleiarseniat. Bei der immer mehr in Aufnahme kommenden Verwendung von Arsenmitteln werden auf die Dauer auch Schädigungen des Pflanzenwachstums durch das in den Boden gelangende Arsen nicht ausbleiben.

Die bei Anwendung von Karbolineum beobachteten Schäden beruhen ebenfalls auf einem Gehalt an sauren Verbindungen (Phenolen), von denen nur bestimmte Handelssorten (wasserlösliches Karbolineum) frei sind.

Ähnliche Schäden, wie durch Säuren, entstehen auch durch stark alkalische Verbindungen, zu denen z. B. die Schwefelkalkbrühe gehört. Zu den sonstigen Mitteln, die bei unrichtiger Anwendung schädlich wirken, gehören u. a. noch Raupenleim und Holzteer.

Räucherungen in Gewächshäusern erfordern wegen der in der feuchten Luft besonders zart ausgebildeten Epidermis der Pflanzen besonders vorsichtige Anwendung. Aber auch für die Räucherung im Freien mit dem sog. Blausäurezeltverfahren mußte erst eine eigene Technik entwickelt werden, bei der es nur durch genaue Dosierung und Arbeiten an bewölkten Tagen oder bei Nacht gelingt, Schädigungen der Bäume zu vermeiden.

Kapitel IV

Pflanzenschutz

Ziel und Zweck der Pflanzenpathologie ist der Pflanzenschutz. Er umfaßt die auf der Erforschung der Krankheiten, ihrer Ursachen und Erreger aufgebaute Bekämpfung der Pflanzenkrankheiten und die Maßnahmen zur Verhütung derselben.

Weitaus die größte Ertragsminderung verursachen ungünstige Witterungseinflüsse, worunter Trockenheit und Nässe an erster Stelle stehen, während die Schäden durch Kälte und Hitze jenen gegenüber weniger umfangreich sind. Der Rest sind tierische und pflanzliche, schließlich die durch andere Ursachen, wie z. B. Abgase der Industrie, hervorgerufenen Schäden. Die verhältnismäßige Beteiligung aller dieser Ursachen an den Ernteverlusten ist je nach der Art der Kulturen und insbesondere bei einjährigen Gewächsen und Bäumen verschieden und auch wesentlich vom Klimacharakter abhängig. Dabei lassen sich die Witterungseinflüsse am wenigsten durch Abwehrmaßnahmen ausschalten[1]), während tierische und pflanzliche Schädlinge meist mit Erfolg bekämpft werden können, weshalb sich auch der Pflanzenschutz bisher hauptsächlich in dieser Richtung entwickelt hat.

Der Pflanzenschutz ist eine Rentabilitätsfrage wie die Düngung. Die Auswahl und Anwendung seiner Mittel hängt nicht nur von ihrer Wirksamkeit an sich ab, sondern zugleich auch von dem Verhältnis des Kostenaufwandes zu dem erreichbaren Mehrertrag unter den Gesamtbedingungen einer Kultur. Hochwertige Kulturen können daher kostspieligere Pflanzenschutzmaßnahmen tragen;

---

[1]) „Wenn man Temperatur und Wasser, die wichtigsten Kulturfaktoren, regulieren könnte, so würde man den Ackerbau vor seinen größten Gefahren schützen können." (Frank und Sorauer, Pflanzenschutz.)

Massenkulturen und Einzelkulturen, extensive und intensive Wirtschaft bedingen jeweils eine besondere Anpassung des Pflanzenschutzes.

Als ein Zweig der praktischen Pflanzenbaulehre bedarf der Pflanzenschutz nicht nur für die Maßnahmen im einzelnen, sondern für seine Notwendigkeit und Zweckmäßigkeit überhaupt einer statistischen Begründung. In Deutschland bestehen nur die Anfänge einer derartigen Statistik. In den Vereinigten Staaten, wo sie schon lange betrieben wird, werden die Ernteverluste durch Schäden und Krankheiten im Gesamtdurchschnitt auf über 30% des möglichen Ertrages geschätzt, wovon erheblich mehr als die Hälfte von Witterungseinflüssen herrühren.

Von solcher Pflanzenschutzstatistik wird bei uns bisher eine Abschätzung von Hagel- und Auswinterungsschäden aufgestellt. Außerdem sucht die begonnene Schädlingsstatistik zunächst das Auftreten einzelner Plagen wie z. B. der Mäuse oder Maikäfer in den verschiedenen Jahren überhaupt und sodann ihren Umfang zu erfassen.

Auch aus der Saatenanerkennung der Deutschen Landwirtschaftsgesellschaft ergeben sich statistische Zahlen über den Umfang von Pflanzenkrankheiten, und es ist interessant, daß die Aberkennung infolge von Pflanzenkrankheiten bei Getreide und Kartoffeln im Gesamtdurchschnitt 11% der angemeldeten Fläche ausmacht. Auch hier tritt also wieder die Zahl von etwa 10% auf, die man im großen ganzen als den Durchschnitt der Ertragsminderung ansehen kann, welche durch Pflanzenkrankheiten abgesehen von Witterungsschäden verursacht ist.

Eine gewisse Ergänzung kann diese Statistik auch in der Feststellung des Verbrauches an Pflanzenschutzmitteln finden, die zugleich den jeweils erreichten Grad der praktischen Durchführung einzelner Maßnahmen wiedergibt. Aber wie im Einzelfalle bei der Schädlingsbekämpfung Umfang des Schadens, erzielter Mehrertrag und Kosten der Bekämpfung für die Beurteilung eines Verfahrens maßgeblich sind, so muß auch die ganze Pflanzenschutzstatistik in der Richtung einer Ertrags- und Schadenstatistik ausgebaut werden. Hierbei müssen festgestellt werden: Mögliche Höchsternten, Durchschnittserträge, Umfang der einzelnen Schäden und ihr Verhältnis zur Herabminderung des Ertrages und die Aufwendungen für den

Pflanzenschutz. Dabei ist zu berücksichtigen, daß erhebliche Schädigungen vorkommen können, ohne daß die Ernte dadurch unter den Durchschnitt herabgedrückt wird; sinkt sie unter diesen Durchschnitt, der die Rentabilität einer Kultur bestimmt, so entstehen direkte Verluste an Geld für den Produzenten[1]).

Erst eine ausreichende Statistik wird es ermöglichen, die volkswirtschaftliche Bedeutung des Pflanzenschutzes hervortreten zu lassen, welche allein das Eingreifen des Staates zu seiner Förderung und Organisation im ganzen wie einzelnen Schädlingen und Krankheiten gegenüber rechtfertigt. An den einzelnen Schäden scheint nur der Produzent beteiligt; die Gesamternte beeinflußt aber die Volkswirtschaft im ganzen, in deren Interesse die Steigerung der Durchschnittserträge und ihre möglichste Annäherung an den theoretischen Höchstertrag des Pflanzenbaues liegt. Im höchsten Grad ist die Volkswirtschaft unter den gegenwärtigen deutschen Verhältnissen von den Ernteerträgnissen abhängig und daher an wirksamem Pflanzenschutz interessiert, weil die landwirtschaftliche Produktion den Nahrungsbedarf des Volkes nicht deckt und die industrielle Ausfuhr nicht ausreicht, um damit die Einfuhr an landwirtschaftlichen Produkten zu bezahlen. Dieser Verarmung gegenüber kann nur Produktionssteigerung der Landwirtschaft die Abhängigkeit von industrieller Ausfuhr und vom Auslande verringern. Eine derartige Lage rechtfertigt sogar eine Ausdehnung des Pflanzenschutzes weit über den gewöhnlichen Umfang hinaus. Denn, je näher die Aufwendungen für Pflanzenschutzmaßnahmen dem Werte der durch sie erzielten Ertragssteigerung kommen, um so mehr sinkt, privatwirtwirtschaftlich betrachtet, seine Rentabilität und damit seine Notwendigkeit. Unter volkswirtschaftlichem Gesichtspunkt muß der Pflanzenschutz in der heutigen Lage aber auch dann noch betrieben werden, wenn Aufwendungen und Ertragssteigerung sich decken, weil der Aufwand an Geld und Arbeit der inneren Wirtschaft zugute kommt, während die Zahlungen für Lebensmitteleinfuhr in das Ausland abfließen. Denn der Pflanzenschutz vermag nicht nur in der Landwirtschaft vermehrte Arbeitskräfte zu beschäftigen, sondern auch eine beträchtliche Industrie zur Herstellung der nötigen Apparate und chemischen Mittel zu unterhalten. So nimmt der Pflanzen-

[1]) Vergl. Études sur la diminution du rendement. Bull. mens. agricole, Rom, 1922, S. 472.

schutz unter den ertragsteigernden Faktoren prinzipiell dieselbe Stellung ein, wie die Pflanzenzüchtung und künstliche Düngung, und verdient damit auch die gleiche Förderung von seiten des Staates und der landwirtschaftlichen Organisationen.

Wenn nun auch die nächste Aufgabe des Pflanzenschutzes in einer direkten Bekämpfung der Krankheiten besteht, insbesondere in der Fernhaltung, wo nicht Vertilgung schädlicher Organismen — die eigentliche Behandlung der kranken Pflanze, die man als Therapie bezeichnen könnte, ist nur ausnahmsweise möglich — so ist doch eine auf die Gesunderhaltung gerichtete rationelle Hygiene, welche dem Eintritt der Erkrankung überhaupt vorbeugt, sein letztes Ziel. Vorbeugen ist besser als Heilen. Derartige Maßnahmen sind oft viel älter, als man gemeinhin anzunehmen pflegt, und viele Einzelheiten unserer Kulturmethoden sowie die Hauptsorten der Kulturpflanzen sind zweifellos in Berücksichtigung von Krankheiten durch Anpassung an die Bedürfnisse der Pflanzen und Auswahl dauernd ertragreicher, d. h. widerstandsfähiger Sorten entstanden.

Im ganzen hat der Pflanzenschutz dieselbe Entwicklung wie die Kenntnis der Krankheiten durchgemacht. Während er ursprünglich auf Maßnahmen in einzelnen Fällen, wo die Schäden besonders ernst und eine Möglichkeit der Abwehr gegeben war, beschränkt blieb, herrschte später mit der zunehmenden Kenntnis der schädlichen Insekten und Pilze deren Bekämpfung durch chemische Mittel vor. Zeitweilig glaubte man auch in der Vernichtung schädlicher Insekten durch ihre natürlichen Feinde — räuberische Insekten und innere Parasiten —, einen allgemein gangbaren Weg gefunden zu haben, und als neuestes solcher vorherrschenden Arbeitsziele kann wohl die Züchtung immuner Sorten angesehen werden. Im praktischen Pflanzenschutz steht gegenwärtig und im Zusammenhang damit wieder die auf der Tatsache der Prädisposition beruhende Hygiene im Vordergrund, die an Stelle des direkten Einschreitens gegen Schädlinge eine Kräftigung der Pflanzen und die Ausschaltung der in ihnen liegenden Bedingungen für den Eintritt der Erkrankung anstrebt. Aber auch die Hygiene ist am wirksamsten nur bei einjährigen Gewächsen mit der Möglichkeit raschen Sortenwechsels, des Abräumens der Felder nach der Ernte, des Fruchtwechsels und nicht in letzter Linie dem geringen Wert der Einzelpflanze durchführbar. Die ausdauernden Gewächse stellen vielfach ganz andere

Anforderungen an die Methoden und daher erweist sich bei ihnen die Schädlingsbekämpfung in der Regel als zweckmäßiger.

So muß man sich davor hüten, ein jeweils herrschendes Prinzip zu überschätzen. Denn so verschiedenartig wie Ursachen und Bedingungen der Erkrankung, sind auch die Maßnahmen gegen Pflanzenkrankheiten, und nur die Sachlage des einzelnen Falles entscheidet über das Vorgehen, nicht irgend ein technisches Prinzip. Die richtige Auswahl der Verfahren setzt eine bis ins kleinste gehende Kenntnis der Krankheitserreger und Krankheitsbedingungen voraus. Oft kann dieselbe Krankheit auf ganz verschiedene Weise bekämpft werden, oft erweist sich nur ein an eine ganz bestimmte Eigenschaft angepaßtes Verfahren als erfolgreich, ebenso wie auch die einzelnen Stadien von Parasiten in ganz verschiedener Weise der Bekämpfung zugänglich sind. Daher hat die Bekämpfung eine gründliche Erforschung sowohl der Krankheiten an der Pflanze wie der Schädlinge zur Voraussetzung und so lösen sich in der Geschichte der einzelnen Krankheiten wie des ganzen Pflanzenschutzes die drei Stufen der Schädlingsforschung, der direkten Schädlingsbekämpfung und der vorbeugenden Hygiene immer wieder ab.

Diese Verschiedenheit des Vorgehens wird am besten durch eine Übersicht über die Pflanzenschutzmaßnahmen beleuchtet. Man kann sie nach dem jeweiligen Zweck des Vorgehens oder nach der Art der Maßnahmen und Mittel einteilen. Im ersten Falle können wir als Hauptgesichtspunkte die Bekämpfung der Schädlinge und den Schutz der Pflanzen vor Erkrankung unterscheiden, die man früher wohl auch als direkte und indirekte Bekämpfung bezeichnet hat; doch lassen sich bei allen solchen Versuchen keine scharfen Grenzen zwischen Therapie und Hygiene ziehen, da im Pflanzenschutz Krankheitsbehandlung und Schädlingsbekämpfung fast stets zusammenfallen und besonders die chemischen Mittel nicht eigentlich die Pflanze behandeln, sondern die Schädlinge abtöten sollen. So wirken streng genommen die Spritzmittel und chemischen Beizmittel prophylaktisch, wobei im allgemeinen die Pflanze selbst nur soweit berücksichtigt wird, als Beschädigungen derselben durch die Mittel (z. B. Spritzschäden) vermieden werden sollen. APPEL hat dafür folgende Einteilung gegeben[1]):

[1]) Die wirtschaftliche Bedeutung der Pflanzenkrankheiten und die Mittel zu ihrer Bekämpfung. Arb. D. L. G., Heft 314, 1921.

A. Bekämpfungsmittel:
   1. Vernichtung des Schädlings vor der Erkrankung der zu schützenden Pflanzen.
   2. Vernichtung des Schädlings an oder in der erkrankten Pflanze unter Erhaltung der Pflanze.
   3. Vernichtung des Schädlings mit samt der erkrankten Pflanze oder den erkrankten Teilen.
   4. Vernichtung einzelner Teile des Parasiten zur Verhinderung weiterer Ausbreitung.
   5. Förderung der natürlichen Feinde des Parasiten.

B. Schutzmittel:
   1. Abhaltung von Schädlingen.
   2. Bodenverbesserung und -düngung zur Gesunderhaltung der Pflanzen.
   3. Geeignete Saat- und Pflanzzeit.
   4. Auswahl der richtigen Frucht und geeigneten Fruchtfolge für jede Bodenart.
   5. Auswahl gesunder Pflanzen oder gesunder Bestände.
   6. Auswahl und Züchtung widerstandsfähiger Sorten.

Die Einzelbesprechung folgt dagegen aus den oben erwähnten Gründen besser in der gebräuchlichen Weise nicht dem Zweck, sondern der Art des Vorgehens, wobei 1. mechanische Verfahren, 2. chemische Mittel, 3. biologische Bekämpfung und 4. Kulturmaßnahmen unterschieden werden. Hiervon dienen die drei ersten fast ausschließlich der direkten und indirekten Schädlingsbekämpfung, wogegen den Kulturmaßnahmen zum größten Teil vorbeugende Wirkung zukommt.

1. Mechanische Verfahren

Hierzu gehört das Fangen und Absammeln der Schädlinge, das meist nur bei beschränktem Umfang der Kulturen oder des Auftretens von Schädlingen oder in dessen Anfängen lohnend ist, das Entfernen kranker Pflanzen oder Abschneiden kranker Teile von solchen, auch die Unkrautvertilgung. Die radikale Ausrottung von Kulturpflanzen oder Zwischenwirten, wobei man gleichzeitig die Schädlinge vertilgt und ihnen den Nährboden entzieht, ist bei uns von der Bekämpfung der Reblaus (Extinktionsverfahren) und des Koloradokäfers bekannt. Dieses kostspielige und tief in die Wirt-

schaftsweise eingreifende Verfahren ist besonders gegen neu eingeschleppte Schädlinge anwendbar und setzt einen wohlorganisierten Pflanzenschutz voraus. Es ist in anderen Ländern neuerdings in verschiedenen Fällen mit Erfolg durchgeführt worden, z. B. gegen Citruskrebs, Baumwollkapselwurm und Berberitze in Nordamerika.

Außer der einfachen Handarbeit gibt es hier eine Menge von Vorrichtungen, wie Tierfallen, Madenfallen, Fanggürtel, die Verwendung von Raupenleim (Klebringe und Klebfächer), Lichtfallen usw. Besondere Methoden für den Massenfang sind am eingehendsten bei der Heuschreckenvertilgung ausgebildet worden.

In vielen Fällen bedient man sich bei den Fangmethoden der Hilfe von Ködern, um die Tiere durch Nahrungs- oder Riechstoffe (auch Licht) anzulocken. Auch bei Giften wird die Wirkung oft durch Köder verstärkt. Eine Kombination mechanischer und biologischer Bekämpfung ist die am meisten durch die KÜHNsche Bekämpfung der Rübenmüdigkeit bekannte Fangpflanzenmethode, wobei zur Anlockung des Schädlings, in diesem Falle der Nematoden, eine besondere Aussaat der Kulturpflanze oder anderer bevorzugter Nährpflanzen vorgenommen wird, die dann nach Besiedlung durch den Schädling untergepflügt oder sonstwie unschädlich gemacht wird.

In diesen Zusammenhang gehören auch Verfahren, wie die Fangbaummethode, die zur Bekämpfung der Borken- und Rüsselkäfer in der Forstwirtschaft im großen und gelegentlich auch im Obstbau angewandt wird. Sie beruht darauf, daß diese Käfer von dem absterbenden, bezw. eintrocknenden Holz angezogen werden und es mit Vorliebe befallen; mit den Fangbäumen wird dann ihre Brut vernichtet. Ein ähnliches Verfahren ist die künstliche Anlage von Brutplätzen, sog. Fanghaufen, in den tropischen Kokospflanzungen zur Bekämpfung des Nashornkäfers durch Vernichtung seiner Larven.

2. Chemische Mittel

Wohl das umfangreichste Gebiet im praktischen Pflanzenschutz ist das der chemischen Mittel zur Bekämpfung von Schädlingen[1]). Sie finden Anwendung als Gifte gegen größere Tiere und zur Vertilgung von Unkräutern, als Insektizide und Fungizide und als Desinfektionsmittel.

[1]) VOGT, Methoden der Schädlingsbekämpfung. Centralbl. Bakt. usw., II. Abt., Band 58, 1922.

Bei den insektentötenden Mitteln unterscheidet man noch nach der Wirkungsweise Kontaktgifte, die durch die Haut oder durch die Atemöffnungen (Stigmen) wirken, wie Petroleum, Seifen und Nikotinbrühen, und hauptsächlich gegen saugende Insekten Anwendung finden, und Magengifte, die von den Insekten mit den Pflanzen oder mit Ködern gefressen oder aufgesogen werden und vom Verdauungskanal aus wirken. Ebenso vielseitig sind auch die Anwendungsformen, deren wichtigste Bespritzen und Bestäuben, Beizen, Räucherungen und Bodendesinfektion sind. Zu erwähnen ist hier noch die sogenannte innere Therapie der Pflanzen, wie z. B. das Einführen von Eisensalzen in Bäume, die aber noch nicht über das Versuchsstadium hinausgekommen ist, da eben bei der Pflanze der Stofftransport durch einen Kreislauf fehlt.

Den Anwendungsformen entspricht auch eine umfangreiche Technik der Apparate. Weitaus am meisten im Gebrauch sind davon die Pflanzenspritzen, die von einfachen Hand- und tragbaren Spritzen für Gärtnerei und Weinbau bis zu komplizierten fahrbaren Kraftmaschinen für ausgedehnte Feldkulturen und hohe Bäume gebaut werden. Für die Verstäubung pulverförmiger Mittel, die wegen der Ersparnis an Arbeits- und Transportkosten teilweise schon das Bespritzungsverfahren verdrängt, sind an Stelle der ursprünglichen Schwefelquaste und einfachen Blasebalge ebenfalls leistungsfähige Maschinen für Obstbau und Feldkulturen entstanden. Hieran schließen sich Apparate an, die geschmolzenen Schwefel und andere Mittel mit überhitztem Wasserdampf verstäuben, um dadurch eine besonders feine Verteilung, gleichmäßige Bedeckung der Pflanzenoberfläche und größere Reichweite zu erzielen. Für die Getreidebeizung gegen Brandpilze, wozu neuerdings an Stelle des ursprünglichen Kupfervitriols hauptsächlich Formalin und Quecksilbersalze verwendet werden[1]), sind verschiedene Apparate zur Behandlung großer Mengen konstruiert; bei der Beizung gegen die im Innern der Körner lebenden Brandpilze wird nur heißes Wasser von 50 bis 52° C verwendet, das die Pilze abtötet, ohne die Keimfähigkeit zu schädigen. Zu den Räucherungsverfahren leitet die Saatgutdesinfektion mit heißer Luft gegen Insektenschädlinge über, während für die eigentliche Räucherung hauptsächlich Blausäure, Schwefelkohlen-

[1]) Merkbl. 2 des Deutschen Pflanzenschutzdienstes

stoff und Chlorverbindungen, im Kleinen in Gewächshäusern auch Schwefel, in Frage kommen. Ausgegangen ist diese Technik von dem sog. Blausäurezeltverfahren, das in Amerika zur Abtötung von Obstbaumschildläusen ausgebildet wurde.

Eines der wichtigsten gegenwärtigen Probleme ist die Bodendesinfektion, die ursprünglich zur Reblausvertilgung mit Schwefelkohlenstoff angewandt wurde und dort auch teilweise unter Schonung der Reben auf geeigneten Böden als sog. Kulturalverfahren betrieben wird. Sie wird neuerdings zur Abtötung im Boden lebender Pilze, wie des Erregers des Kartoffelkrebses, versucht, ist aber bisher im Felde nicht ausführbar und kann nur in Gewächshäusern durch Heizröhren oder Wasserdampf durchgeführt werden.

Bei allen in direkte Berührung mit der Pflanze kommenden Mitteln liegt neben den Erfordernissen der feinen Verteilung, der Benetzungsfähigkeit und Haftbarkeit eine Hauptschwierigkeit darin, daß sie bei möglichster Wirksamkeit gegen die Schädlinge und Krankheitserreger keinen schädigenden Einfluß auf die Pflanze ausüben sollen (Spritzschäden).

Bei der Beizung von Sämereien mit quecksilberhaltigen Mitteln hat sich eine Nebenwirkung herausgestellt, die von höchster Bedeutung für die allgemeine Einführung des Beizverfahrens ist. Es ist die aus der Toxikologie bekannte Reizwirkung sehr kleiner Mengen von Stoffen, die in größeren Mengen schädlich auf die Organismen wirken. Die Saaten erfahren in diesem Falle eine Wachstumsförderung und es ergibt sich eine Steigerung der Erträge, die selbst einen gewissen Krankheitsbefall ausgleichen kann und jedenfalls die Beizung rein unter diesem Gesichtspunkt der Ertragssteigerung als ein wertvolles Kulturhilfsmittel erscheinen läßt.

Ihrer Beschaffenheit nach fallen die chemischen Pflanzenschutzmittel[1]) unter anorganische und organische Stoffe und pflanzliche und tierische Rohstoffe.

Anorganische Stoffe. Von dem wichtigsten Fungizid, dem Kupfer, dessen Wirkung gegen die Blattfallkrankheit der Weinreben

[1]) Vergl. Hollrung, Die Mittel zur Bekämpfung der Pflanzenkrankheiten, 3. Aufl., 1923; Schwartz, Erprobte Mittel gegen Schädlinge, Flugblatt Nr. 46 der Biologischen Reichsanstalt; Scherpe, Die Kupferkalkbrühe, ihre Bereitung und Verwendung und andere kupferhaltige Pflanzenschutzmittel, Flugblatt Nr. 52 der Biologischen Reichsanstalt.

zufällig entdeckt wurde, geht sozusagen die ganze Industrie der chemischen Pflanzenschutzmittel aus, und seine ursprüngliche Anwendung als Kupfervitriolkalkbrühe (Bordeauxbrühe) ist auch heute noch trotz vieler ähnlicher Ersatzmittel die gebräuchlichste. Auch als Beizmittel ist der Kupfervitriol lange Zeit gebraucht worden. Das zweite wichtige Fungizid ist der Schwefel, der teils rein in Pulverform, teils in Schwefelkalkbrühen hauptsächlich gegen die echten Mehltaupilze angewandt wird und zugleich auch gegen manche Insekten wirksam ist.

Von den Insektiziden spielen die Arsensalze die größte Rolle, besonders das Schweinfurter- oder Parisergrün (Uraniagrün), ein Kupferazetatarsenit, während in Nordamerika das Kalziumarsenit und das weit gefährlichere arsensaure Blei wegen ihrer Unlöslichkeit bevorzugt werden; dort wird der Verbrauch an Arsenik im Pflanzenschutz neuerdings auf 15 Millionen Pfund jährlich eingeschätzt. Arsenmittel werden im Wein- und Obstbau, in Amerika auch gegen Kartoffelschädlinge und insbesondere gegen den Baumwollkapselkäfer verwendet.

Die neueren Bestrebungen gehen dahin, alle Mittel zur Ersparnis an Arbeits- und Transportkosten pulverförmig anzuwenden und zugleich Insektizide und Fungizide in einer Anwendung zu vereinigen. Von kombinierten Spritzmitteln haben sich bisher Arsen-Kupferkalkbrühen am besten bewährt.

Der Schwefelkohlenstoff ist schon oben erwähnt. Ähnlich, aber wesentlich schwächer wirkt der nicht explosive Tetrachlorkohlenstoff; beide Mittel wirken als Gase und sind wichtig zur Abtötung von Vorratsschädlingen in geschlossenen Räumen.

Von Metallgiften haben noch die Quecksilberverbindungen große Bedeutung durch ihre Verwendung zur Getreidebeizung gewonnen, während neuerdings die Fluorverbindungen als Pilz- und Tiergifte versucht werden.

Organische Stoffe. Lange Zeit hat das Petroleum in Form von Petroleumseifenemulsionen als Kontaktgift vielfache, wohl jetzt etwas zurückgegangene Verwendung gefunden. Daneben sind als wichtige Mittel der Formaldehyd zur Abtötung von Brandsporen bei der Getreidebeizung und die Blausäure für Räucherungen in Gebäuden und unter Zelten zu nennen. Früher hat auch das Karbolineum viel von sich reden gemacht. Seiner allgemeinen

Verwendung steht hauptsächlich die wechselnde Zusammensetzung entgegen, doch haben sich einige Handelsmarken von sog. wasserlöslichem Obstbaumkarbolineum gegen Obstschädlinge, besonders zur Winterbehandlung bewährt.

Zu den wichtigsten Insektiziden gehören die Seifenlösungen, die teils wegen ihrer direkten Wirkung, teils zur Emulgierung unlöslicher Stoffe (Petroleum, Karbolineum) und wegen ihrer Benetzungsfähigkeit in sehr vielen Zusammensetzungen im Gebrauch sind.

Von pflanzlichen Rohstoffen hat das altbekannte Insektenpulver auch im Pflanzenschutz Eingang gefunden. Einer allgemeinen Verbreitung steht sein hoher Preis im Wege, doch sind neuerdings vielfache Versuche der Kultur der Pflanze und der zweckmäßigsten Anwendungsform im Gange. Ein wichtiges Kontaktgift sind sodann die Tabakslaugen (Nikotinbrühen), jedoch ebenfalls wegen ihres hohen Preises in der Verwendung beschränkt und jetzt meist durch Arsenmittel ersetzt. Zu erwähnen ist noch das Bitterholz, dessen Extrakt als Quassiaseifenbrühe sich besonders gegen blattfressende Insekten bewährt hat.

Als tierischer Rohstoff verdient hier nur der Walfischtran wegen seiner umfangreichen Verwendung zu Seifenemulsionen in Amerika genannt zu werden.

3. Biologische Bekämpfung

Mit dem Ausdruck „biologische Bekämpfung" können alle Fälle der Bekämpfung schädlicher Organismen durch Benutzung und Begünstigung ihrer natürlichen Feinde und durch Vertilgung ihrer Wirte und Überträger zusammengefaßt werden. Häufig wird der Begriff auch enger verstanden, so daß er nur den Spezialfall der Bekämpfung schädlicher Insekten mittels ihrer Parasiten einschließt. Da die biologische Bekämpfung einerseits direkte Schädlingsvertilgung, andererseits eine Vorbeugung gegen weitere Vermehrung ist, steht sie in der Mitte zwischen technischer direkter Bekämpfung und Kulturmaßnahmen.

Im wesentlichen richtet sich die biologische Bekämpfung gegen schädliche Insekten, außerdem noch gegen Nagetiere, hauptsächlich Feldmäuse. Einzelne Versuche liegen auch vor zur Vertilgung von Unkräutern mit Hilfe ihrer Parasiten, während gegen Pilze und Bakterien noch keine praktische Anwendung dieser Methode erreicht

worden ist, obwohl z. B. manche Pilze auch ihrerseits von Parasiten zweiten Grades befallen werden. Sie bedient sich zunächst der natürlichen Feinde im engeren Sinne, der insektenfressenden Wirbeltiere und räuberischen Insekten, und sodann der eigentlichen Parasiten der Schädlinge unter den Insekten, Pilzen und Bakterien. Im besonderen hat die Erfahrung über die biologische Insektenbekämpfung ergeben, daß sie wesentliche Erfolge nur in den Fällen erwarten läßt, wo Insekten ohne ihre natürlichen Feinde in neue Gebiete verschleppt worden sind[1]). Können diese dann ebenfalls eingeführt werden und finden sie dort sonst zusagende Lebensbedingungen, so vermögen sie die abnorme Massenvermehrung der Schädlinge oft erstaunlich rasch zu unterdrücken. Man pflegt die Massenvermehrung eingeschleppter Insekten dem Fehlen ihrer Feinde oder Parasiten in den neuen Ländern zuzuschreiben. Daß hieran aber andere Faktoren mindestens gleich stark beteiligt sind, beweist u. a. die Ausbreitung von Pflanzen (Unkräutern) und auch von Pilzkrankheiten, die in fremde Länder verschleppt worden sind.

Im ganzen kann gesagt werden, daß die biologische Bekämpfung wegen einzelner bedeutender Ergebnisse vielfach überschätzt wird. Es hat sich gezeigt, daß damit immer nur in Einzelfällen wesentliche Erfolge erreichbar sind und die Erforschung anderer Bekämpfungsmaßnahmen deshalb nicht vernachlässigt werden kann. Da sie sich die in der freien Natur vorliegende Regulierung des biologischen Gleichgewichts dienstbar zu machen sucht, setzt sie eine genaue Kenntnis aller Lebensbedingungen der Schädlinge und ihrer Feinde oder Parasiten voraus. Daher haben denn gerade solche Untersuchungen die allgemeine Biologie außerordentlich angeregt und gefördert.

Ein Gebiet für sich, das hierher gehört, ist der Vogelschutz[2]). Seine Bedeutung ist noch vielfach umstritten, zumal er auch noch aus anderen Gesichtspunkten als dem reinen Nützlichkeitsprinzip betrieben wird. Doch hat auch hier der Widerstreit der Meinungen

[1]) Vgl. Escherich, Die angewandte Entomologie in den Vereinigten Staaten. Berlin 1913; Knoche, Die biologische Bekämpfungsmethode als Kampfmittel gegen Forstinsekten. Zeitschr. f. Forst- und Jagdwesen, Bd. 52, 1920, S. 168 ff.

[2]) Vergl. Hiesemann, Die Lösung der Vogelschutzfrage nach Frhr. von Berlepsch, Leipzig 1915.

viel zur Vertiefung der Forschungen beigetragen. Solche sind hauptsächlich dort notwendig und betrieben worden, wo es sich um gleichzeitig nützliche und schädliche Vögel, wie z. B. Raubvögel und Saatkrähen handelt.

Unter den Säugetieren ist in diesem Zusammenhang nur der teils nützliche, teils lästige Maulwurf zu erwähnen.

Als räuberische Insekten sind in Einzelfällen die sonst wegen ihrer Pflege von Blatt- und Schildläusen lästigen Ameisen nützlich, auch Raubwanzen und Raubkäfer spielen eine gewisse Rolle als Insektenfeinde. Bekannter sind die blattlausvertilgenden Larven der Florfliegen, Schwebfliegen und Marienkäfer. An die letzteren knüpft sich das berühmteste Beispiel biologischer Bekämpfung, das zugleich am meisten zur Förderung dieser Richtung den Anstoß gegeben hat, die Einführung des Coccinelliden *Novius cardinalis* durch KÖBELE in Kalifornien. Dorthin war die Zitronenrindenlaus *Icerya purchasi* im Jahre 1896 aus Australien eingeschleppt worden und hatte sich in wenigen Jahren so verbreitet, daß sie ungeheure Schäden an den Citruskulturen anrichtete. KÖBELE erkannte, daß sie in ihrer Heimat durch den *Novius cardinalis* im Schach gehalten wird, der sich dann nach seiner Einführung in Amerika einbürgerte und die Plage rascher beendete, als sie sich ausgebreitet hatte. Auch in neuester Zeit noch hat sich dieser Käfer in Marokko in ganz ähnlicher Weise bewährt.

Unter den Parasiten der Insekten spielen die zahllosen Arten der Schlupfwespen die größte Rolle[1]). Bekannte Vertreter derselben sind die Schlupfwespen der Kohlweißlingsraupen, *Apanteles glomeratus*, und die Blattlausparasiten. Die Schlupfwespen sind Parasiten aller Insektenstadien vom Ei bis zum Vollkerf. Kompliziert wird ihre Wirksamkeit noch dadurch, daß sie vielfach selbst in Schlupfwespen als Hyperparasiten, Parasiten zweiten und dritten Grades, auftreten. In der freien Natur werden die meisten Massenvermehrungen von Insekten schließlich durch Schlupfwespen wieder eingedämmt, aber im allgemeinen verhindern sie das Massenauftreten nicht, sondern beendigen es nur. Ein berühmtes Beispiel biologischer Bekämpfung durch Schlupfwesen ist die Bekämpfung der Maulbeerschildlaus *Diaspis pentagona* durch die Schlupfwespe *Prospaltella*

[1]) Vergl. F. STELLWAAG, Die Schmarotzerwespen (Schlupfwespen) als Parasiten. Monogr. zur angew. Entomologie, Nr. 6, Berlin 1921.

berlesei. Die Schildlaus hatte in Norditalien durch ihre Vermehrung und ihre Schädigung der Maulbeerbäume in kurzer Zeit die ganze Existenz der Seidenzucht in Frage gestellt; ihr Parasit wurde durch BERLESE eingeführt und hat sich vollständig bewährt, so daß seine Verwendung allgemein geworden und die Maulbeerkultur gesichert ist.

In größtem Maßstab wurde die Einführung und Zucht und zugleich auch die biologische Erforschung der Schlupfwespen durch die Gründung des amerikanischen Parasitenlaboratoriums gefördert[1]). Diese war veranlaßt durch die ungeheure Ausbreitung des Schwammspinners und Goldafters, zweier aus Europa eingeschleppter Schädlinge. Die Amerikaner versuchen nun mit teilweisem Erfolge die Parasiten der Raupen einzuführen, von der Erwägung ausgehend, daß diese in Europa durch Parasiten in Schach gehalten werden und ihre Massenvermehrung in Amerika eine Folge des Fehlens der Parasiten ist. So werden auch neuerdings in verschiedenen Ländern Versuche gemacht, den Parasiten *Aphelinus mali* der Blutlaus aus Amerika einzuführen, woher die Blutlaus stammt, die sich mit dem Obstbau überall verbreitet hat. Diese Beispiele zeigen, daß die biologische Bekämpfung durch Schlupfwespen am ersten dort Erfolge verspricht, wo Schädlinge in fremde Länder verschleppt werden und ohne ihre ursprünglichen Parasiten sich ungehemmt ausbreiten.

Eine andere Gruppe von Parasiten bildet eine Familie von Fliegen, die Tachinen. Ähnlich wie bei den Schlupfwespen entwickeln sich ihre Larven im Innern der befallenen Insekten; eine praktische Bedeutung haben sie aber bisher nicht gewonnen. Dasselbe gilt von den weniger zahlreichen Raubwespen, welche andere Insekten, hauptsächlich Raupen, durch einen Stich lähmen und als Nahrung für ihre Brut eintragen.

Insektentötende Pilze sind ebenfalls weit verbreitet und von dem Beispiel des im Herbst an Stubenfliegen häufigen Pilzes *Empusa muscae* bekannt. Ihre Verwendung zur Bekämpfung von Pflanzenschädlingen ist wiederholt, so besonders gegen Wanderheuschrecken, versucht worden; ein wirklicher Erfolg ist jedoch nur in einem Falle infolge günstiger Nebenumstände erzielt worden. FRIEDERICHS hat den Pilz *Metarrhizum anisopliae* künstlich vermehrt und zur

[1]) Vergl. die erwähnte Schrift von ESCHERICH.

Infizierung von Fanghaufen bei der Bekämpfung des nach Samoa eingeschleppten und dort an Kokospalmen ungeheuer schädlich gewordenen Nashornkäfers verwendet.

Bakterienkrankheiten der Schädlinge. Eine Zeitlang hat der von dem Franzosen D'HERELLE gezüchtete *Coccobacillus acridiorum* von sich reden gemacht, der zur Bekämpfung von Heuschreckenplagen wirksam sein soll. Die bisherigen Nachprüfungen haben jedoch die gemachten Angaben nicht bestätigt und die bekannten Methoden der Heuschreckenvertilgung nicht geändert.

Im Zusammenhang mit den Bakterienkrankheiten ist noch die sogenannte Polyederkrankheit der Nonnenraupen zu erwähnen, eine der infektiösen Krankheiten, deren Erreger noch nicht bekannt ist. Eine Bedeutung für die praktische Bekämpfung der Nonne kommt ihr nicht zu, sie ist jedoch von diagnostischem Wert, da das Auftreten der Polyeder- oder Wipfelkrankheit ein Vorzeichen für die Beendigung der Nonnenplagen ist.

Große praktische Bedeutung hat dagegen die Bekämpfung von Nagetieren, Feldmäusen und Ratten, mit Bakterienkulturen. Sie datiert von der Entdeckung des *Bacillus typhi murium* durch LÖFFLER und seiner erfolgreichen Anwendung bei einer Mäuseplage in Thessalien. Wenn auch dem Verfahren manche Mängel anhaften, so werden doch heutzutage Kulturen verschiedener Krankheitserreger vielfach hergestellt und im großen verwendet.

Ganz neuerdings wird noch von der Entdeckung einer in Bakterien parasitisch lebenden Organismenart, der Bakteriophagen, berichtet, in denen man schon eine neue Möglichkeit der praktischen Bekämpfung bakterieller Krankheiten gefunden zu haben behauptet. Eine Bestätigung dieser Entdeckung bleibt abzuwarten.

4. Kulturmaßnahmen

Den bisher beschriebenen Bekämpfungsmaßnahmen, die sich ausschließlich gegen tierische und pflanzliche Schädlinge richten, stehen die Kulturmaßnahmen gegenüber, worunter alle prophylaktischen Aufgaben der Hygiene zur Gesunderhaltung der Pflanzen zusammengefaßt werden können. Es sind teils Maßnahmen zur Niederhaltung der Parasiten, teils solche zur Kräftigung der Pflanzen, um ihnen das Optimum von Lebensbedingungen zu gewähren, in welchem zugleich die größtmögliche Resistenz gegen Krankheiten liegt.

Der moderne praktische Pflanzenschutz arbeitet hauptsächlich in dieser Richtung, nicht so sehr die direkte Bekämpfung der Schädlinge zu betreiben, als vielmehr die Bedingungen des Auftretens von Krankheiten zu erkennen und zu beseitigen; sein Ziel ist die vorbeugende Behandlung, die Pflanzenhygiene. Naturgemäß liegt das Schwergewicht dieser Bestrebungen bei den einjährigen Gewächsen, wo Massenanbau, Kurzlebigkeit und geringer Wert des Individuums eine direkte Bekämpfung von Krankheiten oft unrentabel machen. Aber auch bei ausdauernden Kulturen, wie Weinreben und Obstbäumen, wendet man sich neuerdings der Vorbeugung und Hygiene mehr und mehr zu, um der Verteuerung der Produktion durch Bekämpfungsmaßnahmen zu entgehen. Überall aber ist der Pflanzenschutz eine Frage der Rentabilität, daher kann nicht genug betont werden, daß, wie es bei der Düngung schon lange der Fall ist, langjährige Vergleichsversuche mit exakter zahlenmäßiger Feststellung der Ergebnisse eingeleitet werden müssen.

Diese Maßnahmen wenden sich nicht nur gegen die nichtparasitären Krankheiten, von deren Abwehr sie ihren Ausgang genommen haben, wie schädliche Wirkungen von Boden und Klima oder Infektionskrankheiten, deren Erreger man nicht kennt, sondern in weitestem Umfang auch gegen schädliche Organismen, wie die nachfolgenden Beispiele zeigen werden. Unter den schädlichen Organismen sind es hauptsächlich Bakterien, Pilze und kleine, in Massen auftretende Insekten, bei denen sowohl die Abhängigkeit ihrer Vermehrung wie auch diejenige der Anfälligkeit der Pflanzen von äußeren Bedingungen am klarsten in die Erscheinung tritt. Doch muß erwähnt werden, daß sich neuerdings umgekehrt bei manchen nichtparasitären Infektionskrankheiten in der direkten Bekämpfung der diese Krankheiten übertragenden Insekten eine neue Abwehrmöglichkeit eröffnet. Nur in wenigen Ausnahmefällen lassen sich die Witterungseinflüsse abwehren; daher kann überall, wo sie direkt oder indirekt Schäden hervorrufen, nur die Kräftigung der Pflanzen in ihrer Widerstandsfähigkeit angestrebt werden.

Bei den Kulturmaßnahmen lassen sich solche, die den Boden und Standort der Pflanzen und solche, die die Pflanzen selbst, ihren Anbau, ihre Pflege und Auswahl betreffen, unterscheiden. Der erste Teil umfaßt die Bodenbearbeitung, Drainage, Düngung und die schon erwähnte Bodendesinfektion; zum zweiten gehören Pflanzweite

und Saattiefe, Pflanzzeit, Schnitt, Fruchtwechsel, Auslese, Saat- und Sortenauswahl und schließlich die Immunitätszüchtung. Davon sollen hier nur die wichtigsten in direkter Beziehung zu bestimmten Krankheiten stehenden Maßnahmen, bezw. die ebenso wichtige Vermeidung entsprechender Kulturfehler, kurz besprochen werden.

Eine nochmalige Erwähnung unter den prophylaktischen Maßnahmen verdient hier die Bekämpfung oder Ausrottung von Zwischenwirten und Krankheitsüberträgern. In der Wahl der Mittel je nach dem einzelnen Fall verschieden, bezweckt sie den Schutz der Pflanze dadurch, daß sie den Parasiten außerhalb seines Zusammenhanges mit der Pflanze angreift, indem sie ihm durch Vertilgung seiner anderen Wirte die Möglichkeit der Weiterverbreitung, Überwinterung oder Fortpflanzung entzieht. Im einfachsten Falle handelt es sich dabei um Unkräuter, welche gleichzeitig von den Parasiten (z. B. Mehltau u. a. Pilzen oder Blattläusen) einer Pflanze befallen werden und dadurch diese Parasiten weiterverbreiten oder ihnen die Überwinterung ermöglichen. Manche Pflanzen sind aber in der Weise Zwischenwirte, daß sich auf ihnen ein Teil des Entwicklungsganges des Parasiten, der zu seiner Fortpflanzung mehr oder weniger notwendig ist, vollzieht. So lebt die Aecidiengeneration des Getreideschwarzrostes auf der Berberitze und verschiedene Länder haben daher die Ausrottung der Berberitzensträucher zur Rostbekämpfung gesetzlich vorgeschrieben; in Nordamerika wurden von 1918—1922 in 13 Staaten mehr als 5 Millionen Sträucher beseitigt. Der in Amerika besonders gefährliche, dort um 1900 aus Europa eingeschleppte Blasenrost der Weymouthkiefer hat seine Teleutosporenform auf wilden und kultivierten Ribesarten; man rottet dort, wo die Kiefern geschützt werden sollen, die Beerensträucher in einem Umkreise von 300 m aus und hat den Versand von Sträuchern aus den infizierten Landesteilen verboten. Von tierischen Zwischenwirten eines Pflanzenparasiten ist erst ein Fall von theoretischem Interesse bekannt, die Flagellatenkrankheit der Euphorbien, bei welcher der Parasit einen Teil seiner Entwicklung in einer Wanze durchmacht und von dieser wieder auf die Euphorbien übertragen wird. Dagegen sind Insekten als Überträger von Pflanzenkrankheiten, ohne eigentliche Zwischenwirte zu sein, neuerdings mehrfach bekannt geworden. Es handelt sich dabei nicht um die rein äußerliche Verschleppung von Infektionskeimen, sondern um eine Übertragung

des Virus beim Saugakt, die Infektionskrankheiten, deren Erreger unbekannt sind, wie die Mosaikkrankheit und Blattrollkrankheit, betrifft und durch Blattläuse, Zikaden u. a. Schnabelkerfe geschieht (vergl. oben, S. 110). In allen diesen Fällen kann die Pflanze durch Vertilgung des Krankheitsüberträgers vor Befall geschützt werden.

Kulturmaßnahmen, die den Boden betreffen. Zunächst gehört hierher die Auswahl der für bestimmte Kulturen oder Sorten geeigneten Böden bezw. die Vermeidung nachteiliger Böden, die durchaus nicht so einfach und selbstverständlich ist, wie es den Anschein hat. Sodann ist für den häufigen Zusammenhang von normalen Arbeitsmethoden mit dem Pflanzenschutz schon die Bodenbearbeitung ein Beispiel. Durch das Pflügen oder Umgraben des Bodens werden viele dort überwinternde Insekten an die Oberfläche gebracht, wo sie von ihren Feinden vernichtet werden oder Witterungseinflussen erliegen. Ebenso haben andere Begleiterscheinungen der Bodenbearbeitung, wie die Lockerung und Durchlüftung neben der das Pflanzenwachstum begünstigenden Wirkung auf die Bodenorganismen (das Edaphon) ihre direkte oder indirekte Beziehung zur Verhütung von Pflanzenkrankheiten. Da sich die Nährstoffaufnahme der Pflanzen im Boden vollzieht, ist hier in ihrer Regulierung eine der wichtigsten Möglichkeiten der Krankheitsvorbeugung gegeben. Die Bedeutung der Drainage, welche durch Ableitung stauender Nässe eine normale Wurzeltätigkeit wiederherstellt, braucht hier nur erwähnt zu werden. Auch manche Unkräuter, wie Huflattich, und Pilzkrankheiten werden dadurch beseitigt. Umgekehrt werden durch Wasserzufuhr auf trockenen Böden verschiedene Pilzkrankheiten der Bäume direkt verhindert.

Die umfangreichste Betätigung der Pflanzenhygiene in bezug auf den Boden liegt aber auf dem Gebiete der Düngung. Durch die verschiedenen hierher gehörenden Maßnahmen ist es vor allem vielfach möglich, die Nachteile einzelner Bodenarten, wie der leichten und der schweren Böden, für eine Kultur teilweise auszugleichen. Erstere begünstigen alle Trockenheitsschäden und damit auch die Vermehrung von Milben usw., während auf schweren Boden Fußkrankheiten und Fäulen häufig sind. Auch die Bodenreaktion, deren Beziehungen neuerdings mehr erforscht werden, steht zu vielen Krankheiten, vor allem Stoffwechselkrankheiten, manchen tierischen Schädlingen und vielen Pilzen in enger Beziehung. Stark alkalische

Reaktion fördert z. B. das Auftreten der Herz- und Trockenfäule bei den Rüben und der Dörrfleckenkrankheit des Hafers, auch der Mehltaupilze und der Blattrollkrankheit der Kartoffeln. Dabei lassen sich schon aus dem Auftreten mancher Unkräuter Schlüsse auf die Bodenreaktion ziehen.

Hier ist schon eine Reihe wichtiger Erfahrungen gewonnen, wenn auch diese Fragen noch wenig im besonderen Hinblick auf Krankheiten zusammenfassend bearbeitet sind. Der Kalk vermindert oft in auffälliger Weise das Auftreten von Pilzkrankheiten, wie Monilia und Mehltaupilze, andererseits auch die Resistenz gegen Bakterienfäule. Kali macht, abgesehen von der Vermeidung der typischen Kalimangelerscheinungen, widerstandsfähig gegen Frostgefahr, Lagerfrucht und auch gegen die Angriffe tierischer und pflanzlicher Schädlinge. Phosphorsäure vermindert die Rostgefahr und steigert auch die Widerstandsfähigkeit gegen Bakterienfäule, besonders wenn zugleich die Stickstoffzufuhr vermindert wird. Einseitige Stickstoffdüngung steigert überhaupt die Anfälligkeit gegen Pilze und Bakterien.

Die Anwendung von Kalkstickstoff oder Ätzkalk gegen tierische Schädlinge und Pilze greift schon in das Gebiet der Bodendesinfektion über; ersterer und auch Kainit werden zugleich vielfach zur Unkrautvertilgung gebraucht. Die Bodendesinfektion, eine eigentlich prophylaktische Maßnahme, ist aufs engste mit der direkten Schädlingsbekämpfung verknüpft und daher schon oben erwähnt.

Die Kulturmaßnahmen, welche die Pflanzen direkt betreffen, gruppieren sich um Aussaat oder Anbau, Pflege und Auswahl der Pflanzen und stehen, wie Boden und Düngung, in mehr oder weniger direkter Beziehung zu einzelnen Krankheiten. So soll die Pflanzweite, wie bei Bäumen der Schnitt, eine gleichmäßige Belichtung und Durchlüftung der Kulturen sichern, da sich viele Pilze und Insekten, aber auch Moose und Flechten bei schwachem Licht und andauernder Feuchtigkeit stärker entwickeln. Ebenso kann ungeeignete Saattiefe eine Rolle spielen, indem sie die Keime und jungen Pflanzen verschiedenen Schädigungen aussetzt. Die Wahl der Saat- und Pflanzzeit steht in Beziehung zu direkten klimatischen Einflüssen, wie Auswinterungsschäden, aber auch zum Befall durch manche Schädlinge. Das bekannteste Beispiel ist hier die Fritfliege. Sät man die Wintersaat erst nach der Hauptflugzeit

der Fliege, also bei uns nach dem 20. September aus, so lassen sich Schäden durch sie in der Hauptsache vermeiden. In Amerika ist so für die Beobachtung der Hessenfliege ein besonderer Dienst eingerichtet und die Landwirte sind durch genaue phänologische Karten und Kalender instand gesetzt, nach den ihnen innerhalb 24 Stunden übermittelten Beobachtungen der Stationen die Flugzeit für ihre besondere Gegend genau zu ermitteln und sich mit der Aussaat danach einzurichten. In den Kalendern ist gleichzeitig das späteste Datum für die Aussaat mitverzeichnet, um auch die Frostschäden zu vermeiden. Im Staate Ohio ist durch diese Organisation im Jahre 1921 bei einem drohenden starken Auftreten der Fliege durch richtige Auswahl der Saatzeit eine doppelt so große Weizenernte erzielt worden, als sie sonst möglich gewesen wäre.

Die Bedeutung des Fruchtwechsels liegt nicht nur im Vermeiden einseitiger Bodenerschöpfung, sondern auch besonders in der Bekämpfung uneingeschränkter Vermehrung mancher auf bestimmte Kulturen angewiesener Parasiten und Schädlinge. Gewächse, die von denselben Schädlingen befallen werden, dürfen daher nicht aufeinander folgen. In gleicher Richtung wirken vielfach die Unkrautvertilgung und das Abräumen der Felder nach der Ernte, so daß in diesen drei Maßnahmen zusammen die wichtigste Vorbeugung gegen Insektenschäden überhaupt zu sehen ist.

Mit der Auswahl der Pflanzen kommen wir zu einem Gebiet, auf dem der Pflanzenschutz schon allgemein eine bewußte Berücksichtigung findet und das zu seinen aussichtsreichsten Arbeitsgebieten gehört. Es umfaßt die Saatauswahl und -anerkennung, die Saatgutbehandlung, die Sortenwahl und die Immunitätszüchtung.

Daß mit der Saat und entsprechend mit anderem Pflanzgut, wie Setzlingen, Stecklingen, Ablegern usw. viele Krankheiten übertragen werden können, ist allgemein bekannt, aber nicht immer genügend beachtet. So können die wichtigsten Kartoffelkrankheiten, Krautfäule, Blattrollkrankheit, Schorf und Krebs dadurch übertragen werden, und beim Getreide gehören die verschiedenen Brandkrankheiten hierher. Daher hat auch die Saatenanerkennung ihre große Bedeutung für den Pflanzenschutz, wie die oben mitgeteilte Zahl beweist, wonach im Durchschnitt 11 % der angemeldeten Flächen wegen Krankheiten aberkannt werden. Die Maßnahmen gegen Krankheitsübertragung durch die Saat beruhen in der Auslese, ent-

weder der Auswahl gesunder Saat oder der Entfernung der befallenen oder minderwertigen, in der maschinellen Saatgutreinigung zur Entfernung der befallenen Körner und der fremden Beimengungen, wie der Unkrautsamen, und in der Desinfektion von Saatgut und Saatpflanzen zur Abtötung der äußerlich anhaftenden oder im Innern lebenden Parasiten. Die gebräuchliche Desinfektion der Getreidearten ist als Beizung bekannt und schon oben erwähnt; die Desinfektion zur Abtötung von Insekten geschieht bei Saaten sonst vielfach durch trockene Wärme oder durch Gase, bei Pflanzenteilen nur durch letztere (Blausäure, Schwefelkohlenstoff). In allen Fällen kommt es dabei darauf an, Verfahren zu wählen, welche die Parasiten abtöten, ohne die Lebensfähigkeit der Saaten oder Pflanzen zu zerstören.

Der Saatfrage als individueller Auslese steht die Sortenfrage als kollektive gegenüber, die sich die verschiedene Anfälligkeit der Sorten gegen Krankheiten zunutze macht. Auch sie arbeitet zunächst mit der Auslese, indem bei der Auswahl der Sorten, die sonst nach Boden- oder Klimaansprüchen in bezug auf Wüchsigkeit und Ertragshöhe gehandhabt wird, auch die Krankheiten berücksichtigt werden. Beispiele hierfür sind beim Getreide die Rost- und Brandkrankheiten, bei der Kartoffel Krautfäule und besonders der Krebs, gegen den es noch kein anderes Bekämpfungsmittel gibt. Aber auch gegenüber dem Insektenbefall bestehen oft starke Sortenunterschiede, wie man von der Anfälligkeit des Getreides für Getreidefliegen oder der Apfelbäume für die Blutlaus und der Reben für die Reblaus weiß. Gegenüber Witterungseinflüssen wie Frost, Nässe oder Trockenheit liegt oft die alleinige Abwehr in der Auswahl geeigneter widerstandsfähiger Sorten.

In der Sortenfrage berührt sich der Pflanzenschutz mit der modernen Pflanzenzüchtung[1]). Da die Immunität gegen Krankheiten in den meisten Fällen ein nach den MENDELschen Regeln vererbter Faktor ist, so ist es möglich, sie durch Züchtung mit den anderen wertvollen Eigenschaften anderer Varietäten zu verbinden. Die Arbeit und die Erfolge der Immunitätszüchtung betreffen bisher

[1]) E. MOLZ, Über die Züchtung widerstandsfähiger Sorten unserer Kulturpflanzen. Zeitschrift für Pflanzenzüchtung 5. 1917, Heft 2, S. 31.

E. BAUR, Die wissenschaftlichen Grundlagen der Pflanzenzüchtung. Berlin 1921.

hauptsächlich einjährige Kulturen, am meisten Getreidearten, wo in der Steigerung der Winterhärte und der Resistenz gegen Rost und Lagerung große Fortschritte erzielt worden sind. Bei mehrjährigen Gewächsen sind solche Arbeiten durch die Zeitdauer und den Aufwand an Versuchsflächen außerordentlich erschwert, doch sind sie auch bei Weinreben zur Erzielung hochwertiger peronosporafester und reblausresistenter Sorten seit langem aufgenommen. Die Immunität erstreckt sich nicht nur gegen Witterungseinflüsse und Pilze, sondern auch gegen tierische Parasiten. So hat man in Amerika, nachdem die hochwertige Sea-Island-Baumwolle infolge der Verwüstungen durch den Kapselkäfer dauernd im Anbau zurückgegangen war, eine langstapelige Uplandvarietät als Ersatzsorte gezüchtet, die weniger stark befallen wird und daher viel höhere Erträge gibt. Eines der interessantesten Beispiele auf diesem Gebiete ist die züchterische Bekämpfung der Hafernematoden, die in Schweden den Ertrag bis um 40 % verringern, durch NILSSON-EHLE. Es hatte sich herausgestellt, daß keine resistente Hafersorte existierte, wohl aber solche von Gerste, die in Schweden stets vor Hafer gebaut wird und an welcher sich die Nematoden vermehren, ohne daß sie darunter leidet. Durch Heranzüchtung einer resistenten Gerste wurde nun die Nematodenvermehrung im Boden so stark eingedämmt, daß Hafer fast gänzlich von Schädigungen verschont blieb.

Für das Vorkommen immuner Varietäten gegenüber einzelnen Krankheiten gilt im allgemeinen der von WAWILOW formulierte Satz: Je enger der Parasit spezialisiert ist und je größer die Verschiedenheit unter den Pflanzenvarietäten ist, um so mehr besteht Aussicht, immune Varietäten zu finden.

Die Bedeutung der Immunitätszüchtung für den Pflanzenschutz liegt mehr noch als bei den anderen Kulturmaßnahmen darin, daß sie uns instand setzt, den Krankheiten erfolgreich zu begegnen, ohne die betriebstechnisch oft sehr schwer durchführbare und den Pflanzenbau mit großem Material- und Arbeitsaufwand belastende direkte Schädlingsbekämpfung in Anspruch zu nehmen.

Sachregister

A

Aaskäfer 101
Abbau 50 ff.
Abnorme Strukturen 30
Abraxas 105
Absterbeerscheinungen 4, 124
Abwässer 125
Abwerfen von Organen 5
Acariden 89
Ackerschnecke 88
Acrididen 94
Actinomyceten 70
Actinonema 84
Aculeata 104
Adlerfarn 86
Adoxus 101
Aecidien 73, 81
Aecidium 82
Agaricaceen 83
Agglutinine 58
Agrilus 101
Agriolimax 88
Agriotes 101
Agrotis 105
Ahornrunzelschorf 78
Albugo 75
Älchen 88
Aleurobius 89
Aleurodes 97
Algen 70
Algenpilze 74
Allgemeinerkrankungen 21
Alternaria 85
Altersschwäche 50
Altersstadien 26
Ameisen 104
Ammoniak 125
Anaesthesierung 60
Anarsia 106
Anfälligkeit 26, 42
Anguilluliden 88
Anisandrus 102
Annelliden 88
Anthomyia 108
Anthonomus 102
Anthraknose 4, 84
Antikörper 58
Apanteles 140
Apfelblütenstecher 102
Aphelenchus 88
Aphelinus 141
Aphididen 97
Aphidiinen 103
Aphis 98
Aphorura 94
Aphrophora 97
Apiden 104
Apion 101
Apiosporium 76
Apocrita 103
Aporia 104
Apothecien 73, 86
Apparate 135
Apterygota 94
Arge 103
Argyresthia 106
Armillaria 83
army worms 105
Arvicola 109
Arsen 126, 137
Ascochyta 84
Ascomyceten 75
Ascus 72
Asopia 107
Aspergillus 72, 76, 85
Aspidiotus 100
Athalia 103
Aufplatzen 114
Ausbruch 22
Auslese 54, 148
Ausrottung 133
Ausscheidungen 9
Auswintern 117
Autobasidiomyceten 82
Aves 108

B

Bacillus 70, 142
Bakterien 69, 142
Bakteriophagen 142
Bakteriosen 61, 69
Balaninus 102
Baris 102
Basidie 72
Basidiomyceten 79
Becherfrüchte 81
Bedingungen der Erkrankung 25, 131
Beizmittel 126
Beizung 119, 135, 136

Bekämpfungsmittel 133
Belichtung 119
Bembecia 106
Berberitze 81, 82, 144
Beschädigungen 2, 19
Beschattung 45
Bestäubung 135
Beulenbrand 80
Bibio 108
Bienen 104
Bildungsabweichungen 7
Biochemie 39
Biologie 16, 81
biologische Bekämpfung 138
Bisamratte 109
Bitterfäule 84
black rot 77
Blasenfüße 95
Blastodacna 106
Blastophagus 102
Blattdürre 14
Blattfallkrankheit 5, 75, 78
Blattfleckenkrankheit 4, 77, 78, 84, 85
Blattflöhe 97
Blattiden 94
Blattkäfer 101
Blattlauslöwen 95
Blattlausparasiten 103
Blattläuse 67, 97
Blattranddürre 120
Blattrollkrankheit 110
Blattschorf 77
Blattwespen 103
Blatterschwämme 83
Blausieb 105
Bleiglanz 83
blight 85
Blissus 96
Blitz 120
Blutlaus 98, 141
Blutlauskrebs 94
Bluteninfektion 28
Blutenpflanzen 87
Bockkäfer 101
Bodenbearbeitung 145
Bodenbeschaffenheit 122
Bodendesinfektion 136, 146
Bodenerkrankung 123
Bodenreaktion 122, 145
Bodenverhältnisse 120
Borkenkäfer 102
Borstenschwänze 94
Botrytis 79, 85
Botrytisfäule 79
Braconiden 103
Brandpilze 79
Braunfäule 70
Braunrost 82
Bremia 75
Brenner 4, 78
Brennflecken 118
Brennfleckenkrankheit 4, 84, 85
Brevicoryne 98
Bromius 101
brown tail moth 105
Bruchus 101
Bryobia 89
Bupalus 105
Buprestiden 101
Byturus 101

C

Cacoecia 107
Cacoma 82
Calandra 102
Caliroa 103
Calonectria 86
Canthariden 101
Capnodium 76
Capsella 75
Capsiden 96
Carabiden 100
Carposcasea 76
Carpocapsa 106
Cassida 101
Cecidomyiden 108
Cemiostoma 106
Cephaleia 103
Cephaleuros 70
Cephus 103
Cerambyx 101
Ceratitis 108
Cercopiden 97
Cercospora 85
Cerviden 109
Ceutorrhynchus 102
Chaerocampa 105
Chalcididen 103
Cheimatobia 105
chemische Mittel 134
Chermesiden 98
chinch bug 96
Chlamydosporen 72
Chlorita 97
Chlorops 107
Chlorose 4, 110, 121
Chortophila 108
Chrysomeliden 101
Chrysopa 95
Chrysophlyctis 74
Chytridiaceen 74
Cicadula 97
Cladosporium 85
Clasterosporium 85
Clavariaceen 83
Claviceps 6, 66, 77, 85
Clinodiplosis 108
Cnaphalodes 98
Cnethocampa 105
Cocciden 99
Coccinelliden 101, 140
Coccobacillus 142
Cochylis 106
Coleophora 106
Coleopteren 100
Collembola 94
Contarinia 108
Cordiceps 77
Corrodentia 95
Corticium 83
Cossus 105

Crioceris 101
Cronartium 82
Cryptorrhynchus 102
Curculioniden 101
Cuscuta 87
cut worms 105
Cycadoiden 96
Cydia 106
Cynipiden 103
Cystopodiaceen 75

D

Dactylopius 100
Dacus 108
Dasyneura 108
Dasyscypha 78
Dauermyzel 73
Dauersporen 74
Degeneration 23, 31, 50, 59
Dematiaceen 85
Dematophora 77
Dendrolimus 105
Dermatopteren 94
Desinfektion 136, 146, 148
Diagnostik 14
Diaspis 100, 140
Dilophia 78
Dilophospora 78
Diploptera 104
Diplosis 108
Dipteren 107
Discomyceten 78
Disposition 28, 43, 47
Dolicoris 96
Dothidaceen 77
Drahtwürmer 101
Drainage 145
Drehrost 82
Dreyfusia 98
Düngemittel 123
Düngung 145
Durchwachsung 7, 113
Dürre 5, 112
Dürrfleckenkrankheit 85

E

Eccoptogaster 102
Edelfäule 79
Einteilung der Krankheiten 10
Eisenfleckigkeit 4
Eisenmadigkeit 108
Eisenmangel 121
Ektoparasiten 24, 62
Elateriden 101
Empfänglichkeit 43
Emphytus 103
Empusa 75, 141
endemische Krankheiten 27
Endoparasiten 24, 62
Endosporen 77
Entartung 23
Entomophagen 103
Entomophthora 75
enzymatische Krankheiten 40, 61, 109
Ephestia 107
Epidemien 27
Epidiaspis 100
Epiphyten 9, 64, 86
Epitetranychus 89
Epitrimerus 90
Equisetum 86
Erdfloh 101
Erdraupen 105
Erfrieren 116
Erineum 35, 36
Erineumgallen 8, 32
Eriocampoides 103
Eriophyiden 89
Eriosoma 98
Erysiphaceen 76
Etiolement 7, 33, 119
Euasceae 75
Eubasidii 80
Eudemis 106
Eulen 105
Eumerus 108
Euproctis 105
Eurydema 96
Evaniiden 103
Evergestis 107
Evetria 107
Exoascus 76
Exobasidium 83

F

Fadenkeimbildung 113
Fadenpilze 72
fakultative Parasiten 64
Fangpflanzen 134
Farne 86
Fasziation 7
Fäulen 5, 23, 31
Federbuschsporenkrankheit 78
Federmotten 106
Feldbesichtigung 13
Feldgrille 95
Feldheuschrecken 94
Feldmaus 109
Feuchtigkeit 112
Fiber 109
fire blight 70
Flagellat 69, 87, 144
Flechten 86
Fleckenkrankheiten 4, 77
Fliegen 107
Florfliegen 95
Flugbrand 80
Flügellose 94
Fluor 137
Fomes 83
Forficula 94
Formaldehyd 137
Formiciden 104
Formveränderungen 6
Fossores 104
Fransenflügler 95
Fraßformen 8
Fritfliege 107, 146
Frost 116
Frostkrebs 34, 117
Frostspalten 34, 117

Frostspanner 105
Fruchtfäule 6, 75, 76
Fruchtfliegen 108
Fruchtkörper 72
Fruchtträger 72
Fruchtwechsel 147
Frühfröste 117
Fumago 76, 85
Fungi 70
Fungi imperfecti 84
Fungizide 134, 136
Funktionsänderung 37
Funktionsstörung 23
Fusarium 77, 85
Fusicladium 77, 85
Fußkrankheit 78

G

Gallen 8, 35
Gallmilben 89
Gallmücken 108
Gallwespen 103
Gasteromyceten 83
Gefäßkryptogamen 86
Gelbfärbung 4
Gelbrost 82
Gelbsucht 4
Geometriden 105
Geradflügler 94
Geschwulstbildung 24
Getreidehähnchen 101
Getreideschwarzrost 66, 81
Gewohnheitarassen 81
Gicht 88, 108
Gichtmorchel 83
Giftwirkung 59
gipsy moth 105
Gitterrost 82
Glasflügler 106
Gliedwurm 107
Gloeosporium 78, 84
Gnomonia 78
Goldafter 105, 141
Grabwespen 104
Gracilaria 106
Graphiola 80
Grapholita 106, 107
Graufäule 79
Grind 77, 83
Grundlagen der Krankheiten 22
Gryllotalpa 95
Gryllus 95
Guignardia 77
Gummibildung 34
Gummifluß 9, 31, 85
Gummose 31
Gymnosporangium 82

H

Haarfilz 32, 35, 36
Haarfilzgallen 8
Haarmücken 108
Hadena 105
Hafernematoden 88, 149
Hagel 115
Halbschmarotzer 87
Hallimasch 83
Halmwespen 103
Hamster 109
Hanfkrebs 79
Hartbrand 80
Harzbildung 34
Harzfluß 9, 34
Hauptsymptome 21
Hausschwamm 83
Haustorien 71
Hautflügler 102
Hefepilze 75
Heliothrips 96
Helix 88
Helminthosporium 78, 85
Helotiaceen 78
Hemerobiiden 95
Hemiasceae 75
Hemibasidii 79
Hemileia 82
Hemiparasiten 63
Hemipteren 96
Hemmungsbildungen 23, 31
Hepialus 106
Hessenfliege 108, 147
Heterocera 105
Heterodera 88
Heteroecie 81
Heterogonie 97
Heuwurm 106
Hexapoden 90
Hexenbesen 8, 36, 76, 82
Hibernia 105
Himbeerkäfer 101
Hitzelaubfall 113, 118
Holzbohrer 102, 105
Holzfäule 5
Holzwespen 103
Homopteren 96
Honigtau 9, 97, 113
Hoplocampa 103
Hornisse 104
Hutpilze 78, 83
Hygiene 131, 143, 145
Hylemyia 108
Hylobius 101
Hylotoma 103
Hymenium 73
Hymenomyceten 83
Hymenoptera 102
Hydrometeore 112
hyperhydrische Gewebe 33
Hyperparasiten 140
Hyperplasie 32
Hypertrophie 23, 32
Hyphen 72
Hyphomyceten 85
Hypochnus 83
Hypocreaceen 77
Hypodermataceen 78
Hyponomeuta 106
Hypoplasie 23, 31

I

Icerya 140
Ichneumoniden 103

Immunität 26, 43, 47
Immunitätszüchtung 148
Individualität 51
Infektion 56
Infektionskrankheiten 27, 61, 110
Infektionsversuch 14
Insekten 90
Insektenpulver 138
Insektentötende Pilze 141
Insektivoren 109
Insektizide 134, 137
Intoxikationen 59
Ipiden 102
Isaria 77, 85
Ityphallus 83

J

Janus 103
Jassiden 97

K

Käfer 100
Kaffeerost 82
Kali 121, 146
Kalk 121, 146
Kallus 32, 33
Kälte 116
Karbolineum 127, 137
Kartoffelkäfer 101
Kartoffelkrebs 34, 74
Keiminfektion 28, 29
Keimlingskrankheiten 26, 75, 86
Keimung der Pilze 56
Kerfe 90
Kernfäule 83
Kernkäfer 103
Kernpilze 76
Keulenpilze 83
Kiefernbaumschwamm 83
Kieferndreher 82
Kiefernschütte 78
Kirschbaumkrankheit 78
Kirschbaumsterben 78
Kleekrebs 79
Kleeseide 87
Kleeteufel 87
Knollenfäule 6, 70
Knollenmaser 34
Knospensucht 7
Kohlhernie 70
Koloradokäfer 101
Konidien 72
Konstitution 42
Kontaktgifte 135
Koremien 85
Korkwucherung 113
Kornmotte 106
Kornwurm 102, 106
Korrelationsstörungen 33
Krankheit:
u. Beschädigung 20
Beschreibung 17
Definition 19
Einteilung 3, 10
Grundlagen 22
Symptome 1
Krankheitsbild 1, 9, 21
Krankheitserreger, Feststellung 14
— als Symptome 9
Krankheitserscheinungen, sekundäre 22
Krankheitsüberträger 27, 29, 144
Krankheitsverlauf 22
Kräuselkrankheit 8, 36, 76, 90, 110
Krautfäule 73
Krebs 34, 77, 82, 84, 106
Krebsgallen 8
Kronenrost 82
Kropfkrankheit 70
Kropfmaserbildung 7
Kuckucksspeichel 97
Kultur der Krankheitserreger 15
Kulturalverfahren 136
Kulturmaßnahmen 142
Kupfer 126
Kupferbrand 89
Kurzknotigkeit 90

L

Lagern des Getreides 7, 32, 146
Lärchenkrebs 78
Lasiocampiden 105
Laestadia 77
latentes Stadium 22
Laubheuschrecken 95
Laubkäfer 102
Laufkäfer 100
Lecaniinen 100
Lederbeerenkrankheit 75
Leinrost 82
Lema 101
Lepidosaphes 100
Lepidoptera 104
Lepisma 94
Leptinotarsa 101
Leptosphaeria 78
Lichenes 86
Lichtmangel 119
Lipariden 105
Lithiasis 34
Löcherschwämme 83
Locusta 95
Lohkrankheit 7
lokale Erkrankungen 21
Lophodermium 78
Lophyrus 103
Loranthaceen 87
Loxostege 107
Lumbricus 88
Lyda 103
Lygaeiden 96
Lygus 96
Lymantria 105
Lyonetia 106
Lysine 58
Lytta 101

M

Macrosporium 85
Magengifte 135
Maikäfer 102
Malacosoma 105
Mamestra 105
Mammalia 109
Marienkäfer 101
Maserknollen 9
Maserung 34
Maulwurf 109
Maulwurfsgrille 95
Mayetiola 108
mechanische Verfahren 133
Megachile 104
Mehltaupilze, echte 76
—, falsche 75
Melampsora 82
Melanconiales 84
Meligethes 101
Meloiden 101
Melolontha 102
Merulius 83
Metamorphose 91
Metarrhizium 85, 141
Microsphaera 76
Milben 89
Milchglanz 4, 40, 83
Mißbildungen 7
Mistel 87
Mollisiaceen 78
Mollmaus 109
Monilia 78, 85
Moniliopsis 86
Monochammus 101
Moose 86
Motten 105
Mottenschildläuse 97
Mucedinaceen 85
Mucor 72, 75
Mundwerkzeuge 90
Mus 109
Mutterkorn 66, 77
Mycosphaerella 77
Myelophilus 102
Mykoplasmatheorie 29
Mykosen 61
Mytilaspis 100
Myxomyceten 70
Myzoides 98
Myzus 98

N

Nagekerfe 95
Nagetiere 109
Nährstoffverhältnisse 121
Nanismus 6
Narkose 60
Naßfäule 5
natürliche Feinde 139
Nebel 114
Nectria 73, 77, 85
Nectriakrebs 34
Nekrohormone 59
Nekrose 23, 31
Nematoden 88, 149
Nematus 103
Neotenie 63
Nervenfleckigkeit 78
Neuauftreten von Krankheiten 28
Neubildungen 7, 23, 32
Neuinfektion 29
Neurotoma 103
nichtparasitäre Krankheiten 110
Nikotin 138
Nitiduliden 101
Noctuiden 105
Nonne 105, 142
Notodontiden 105
Notreife 113, 118
Novius 140

O

Oberea 101
Obstmade 106
Ökologie der Parasiten 16
Ölkäfer 101
Oenophthira 107
Ohrwurm 94
Oidium 72, 76, 85
Olethreutes 106
Oomyceten 74
Oosporen 72
Ophiobolus 78
Orchestes 102
Orobanche 87
Orthoptera 94
Ortstein 123
Oscinis 107
Otiorrhynchus 101

P

Pachyrhina 108
Pachytelia 105
Pachytilus 95
Pädogenese 63, 97
Panaschierung 4, 33
Panolis 105
Paraphysen 73, 76
Parasitismus 62
Paratetranychus 89
Paururus 103
Pediculoides 89
Pegomyia 108
Pelorien 7
Pemphigus 98
Penicillium 72, 76
Pentatomiden 96
Peridermium 82
Periphysen 76
Perisporiaceen 76
Perithecien 73
Peritymbia 99
Perldrüsen 32, 113
Peronospora 10, 72, 75
Petroleum 137
Pezizaceen 76
Pflanzenläuse 97
Pflanzenschutz 128
Pflanzenschutzmittel 125
Pflanzenwespen 103
Pflanzenzüchtung 148

Phacidiaceen 78
Phaedon 101
Phaenologie der Parasiten 27
Phallaceen 83
Phenacoccus 100
Phlyctaenodes 107
Phoma 84
Phorodon 98
Phosphor 121, 146
Phosphuga 102
Phragmidium 82
Phthorimaea 106
Phykomyceten 74
Phyllachora 77
Phyllobius 102
Phyllocoptes 90
Phyllodecta 101
Phyllopertha 102
Phyllosticta 77, 84
Phyllotreta 101
Phylloxera 99
Physapoden 95
physiologische Degeneration 31
— Krankheiten 40, 61, 109
— Pathologie 38, 44
Phytophaga 103
Phytophthires 97
Phytophthora 10, 75
Phytoptus 90
Phytozezidien 35
Pieris 105
Piesma 96
Pilze 70
Pineus 98
Pionea 107
Piptocephalis 72
Pissodes 101
Plasmodiophora 70
Plasmodium 70
Plasmopara 10, 75
Platyparaea 108
Platypus 102
Plectascineae 76
Pleospora 77, 85
Plodia 107
Plowrightia 77
Plusia 105
Plutella 106
Pocken 90
Podosphaera 76
Polychrosis 106
polydome Pilze 64
Polyederkrankheit 142
polyphage Insekten 64
Polyphylla 102
Polyporus 73, 83
Polystigma 77
postmortale Vorgänge 2, 22, 31
Prachtkäfer 101
Prädisposition 26, 41, 43
Prociphilus 98
progressive Veränderungen 32
Prospaltella 140
Protoascineae 75
Protobasidiomyceten 80
Protodiscineae 75
Protozoen 87
Pseudomonas 70
Pseudoparasiten 64
Pseudopeziza 78
Psila 108
Psilura 105
Psyche 105
Psylla 97
Psylliodes 101
Pteridium 86
Pteronus 103
Pterophoriden 106
Puccinia 66, 81, 82
Pulvinaria 100
Pykniden 73
Pyralis 106
Pyrausta 107
Pyrenomyceten 76
Pythium 75

Q

Quassia 138
Quecksilber 137

R

Radekrankheit 88
Rapsglanzkäfer 101
Rapskrebs 79
räuberische Insekten 140
Raubwespen 104, 141
Räucherung 127, 135
Rauchgase 60, 123
Raumparasiten 64
Reblaus 1, 99
Rebstichler 101
Regen 114
Regeneration 8, 23, 33, 35
Regenwurm 88
regressive Veränderungen 30
Reinkultur 15
Reizwirkung 136
Resistenz 42
Restitution 35
Rhabdophaga 108
Rhagoletis 108
Rhizoctonia 78, 83, 86
Rhizoglyphus 89
Rhizomorphen 77, 83
Rhizotrogus 102
Rhodites 103
Rhopalocera 104
Rhopalosiphum 98
Rhynchites 102
Rhynchoten 96
Rhytisma 78
Riesenzellen 32
Rindenbrand 4
Rindenfäule 6
Rindenknollen 34
Rindenpilze 83
Rodentia 109
Roestelia 82
Roggenhalmbrecher 78
Rosellinia 77

Rostpilze 80
Rost, weißer 75
Rotfärbung 4
Rotfäule 83
Rotfleckenkrankheit 77
Rotpustelkrankheit 10, 77
Rübenmüdigkeit 7, 88
Rübensaatpfeifer 107
Rückschläge 20
Rüsselkäfer 101
Rußtaupilze 76

S

Saatenanerkennung 129, 147
Saatenauswahl 147
Saccharomyceten 75
Sackträger 105
Sägewespen 103
Salzsäure 125
Samenbruch 76
Samenkäfer 101
San-Josélaus 100
Santalaceen 87
Saperda 101
Saprolegniaceen 75
Saprophyten 64
Sauerfäule 79
Sauerwurm 106
Säugetiere 109
Schaben 105
Schachtelhalme 86
Scheibenpilze 78
Schellack 99
Schildkäfer 101
Schildläuse 99
Schimmelpilze 75, 76
Schizomyceten 69
Schizoneura 98
Schlauchpilze 75, 85
Schleimfluß 9
Schleimpilze 70
Schlupfwespen 103, 140
Schmetterlinge 104
Schmierlaus 100
Schnabelkerfe 96
Schnaken 108
Schnecken 88
Schnee 114
Schneeschimmel 86
Schnellkäfer 101
Schorf 4, 77
Schußlöcherkrankheit 85
Schutzholz 84
Schutzmittel 113
Schutzstoffe 58
Schwächeparasiten 26
Schwammspinner 105, 141
Schwämme 73, 83
Schwärmer 105
Schwärmsporen 72
Schwarzbeinigkeit 70
schwarze Fliege 96
Schwärze 78, 84, 85
Schwarzfäule 77
Schwarzfleckigkeit 31
Schwarzrost 81
Schwebfliegen 108
Schwefel 137
Schwefelkohlenstoff 137
schweflige Säure 124
Sclerotinia 78
Sclerotium 77
Scolytiden 102
Scrophulariaceen 87
Secale cornutum 77
Seife 138
Sekrete der Parasiten 59
sekundäre Krankheitserscheinungen 22
Senilität 50
Septoria 77, 84
Serehkrankheit 34
Sesia 106
Seuchen 27
Silberflecken 85
Silberfischchen 94
Silpha 101
Simaethis 106
Siphonophora 98
Sirex 103
Sitona 101
Sitotroga 106
Sklerotien 73
Sklerotinien 78
Sminthurus 94
Sommersporen 72
Sonnenbrand 118
Sortenauswahl 148
Spaltpilze 69
spanische Fliege 101
Spanner 105
Spätfröste 117
Spermogonien 81
Spezialisierung 49, 64, 81, 149
Sphacelia 77, 85
Sphaeriaceen 77
Sphaerioidaceen 84
Sphaeropsidales 84
Sphaerotheca 76
Sphingiden 105
Spilographa 108
Spinner 105
Spinnmilben 89
Spitzmäuschen 102
Splintkäfer 102
Springschwänze 94
Spritzmittel 135, 137
Spritzschäden 126, 136
Sproßpilze 75
Stachelbeerpest 76
Statistik 129
Stauronotus 85
Steinbrand 80
Steinigwerden 113
Stengelbrand 80
Stengelbrenner 85
Stereum 40, 83
sterile Myzelien 86
Stickstoff 121, 146
Stilbaceen 85
Stinkbrand 80
Stippflecken 4, 113
Stockfäule 83

Stockkrankheit 7, 88
Stoffwechselkrankheiten 41
Stoffwechselstörungen 40
Strahlenpilze 70
Streifenkrankheit 78
Stroma 73
Symbiose 63
Symphyta 103
Synchytrium 74
Syrphiden 108

T

Tachinen 141
Tagfalter 104
Taphrina 76
Tarsonemus 89
Taschenbildung 76
Tau 114
Taubährigkeit 4, 7
technische Schäden 20
Teleutosporen 72, 80
Temperatur 116
Tenthrediniden 103
Teratologie 7
Terebrantia 103
Termiten 95
Tetrachlorkohlenstoff 137
Tetraneura 98
Tetranychus 89
Thaumatopoea 105
Thelephora 83
Therapie 125, 131, 135
Thielavia 76
Thysanoptera 95
Thysanura 94
Tierfraß 8
Tilletia 80
Tinea 106
Tingitiden 96
Tipula 108
Tmetocera 106
Torsion 7
Tortrix 106
Toxine 58
Trametes 83
Tränen der Reben 9
Traubenschimmel 79
Trioza 97
Trockenfäule 5
Trockenflecke 4
Trockenheit 112
Trypetiden 108
Tubercularia 85
Tumore 23
Tylenchus 88
Typhlocyba 97
Typhula 83
Tyroglyphiden 89

U

Übertragung 28
Überwinterung 28, 29, 73
Umfallen 75
Umwallung 9
Uncinula 76
Unkräuter 69, 86, 144
Untersuchung 12, 16
Uredineen 80
Uredosporen 72, 81
Urinsekten 94
Urocystis 80
Uromyces 73, 82
Ursachen der Krankheiten 13, 15, 24, 61
Urtiere 87
Ustilagineen 79

V

Valsa 78
Venturia 77, 85
Veränderlichkeit von Sorten 53
Verbänderung 7
Vererbung 28, 49
Verfärbungen 3
Vergiftung 59
Vergrünung 7
Verkümmerung 6
Verlaubung 7
Vermehrungspilz 86
Verscheinen 113
Verschleppung 139
Verticillium 85
Vertrocknung 31
Verwachsung 8
Verwandlung 90
Verwesung 31
Vespa 104
Vira 61, 109
Vogelschutz 139
Vögel 108
Vorbeugung 131, 147

W

Wachstumsreize 59
Waldgärtner 102
Wanderheuschrecken 95
Wanzen 96
Wärme 118
Wassersucht 7, 114
Wasserüberschuß 114
Weidenbohrer 105
Weidenzikade 20
Weinbergschnecke 88
Weißährigkeit 4, 96
weiße Fliege 97
weißer Rost 75
Weißlinge 104
Weizenhalmtöter 78
Werre 95
Wespen 104
Weymouthskiefernrost 82, 144
Welkeerscheinungen 3, 112
Welkekrankheit 1, 3, 85
Wickler 106
Widerstandsfähigkeit 42
Wind 120
Wintersporen 72
Wipfelkrankheit 142
Wirrzöpfe 8, 36
Wirtswechsel 64, 81

Witterungseinflüsse 68, 112, 128
Wollaus 100
Wühlmaus 109
Wunden 8, 110
Wundgewebe 33
Wundholz 32, 33
Wundhormone 39, 59
Wundkork 34
Wundparasiten 26, 71
Wundrinde 33
Würmer 88
Wurzelbohrer 106
Wurzelbrand 75
Wurzelfäule 5
Wurzelschimmel 77
Wurzelschwamm 83
Wurzeltöter 77, 78

X

Xyleborus 102

Z

Zabrus 100
Zellsaft 44
Zelltod 23
Zellulosescheiden 58
Zeuzera 105
Zezidien 8, 35
Zirpen 97
Zoonosen 61
Zoozezidien 35
Zophodia 107
Zosmenus 96
Züchtung der Krankheitserreger 15
Zuckergast 94
Zünsler 107
Zurückgehen von Sorten 53
Zwangsdrehung 7
Zweiflügler 107
Zweigsucht 36
Zwergbäume 6, 123
Zwergmaus 104
Zwergrost 82
Zwergwuchs 6
Zwiebelbrand 80
Zwiebelfäule 6
Zwischenwirte 29, 68, 144
Zygomyceten 75
Zygosporen 72
Zytolyse 31

Grundzüge der allgemeinen Phytopathologie von **Professor Dr. H. Klebahn.** Mit zahlr. Textabbildungen. Gebunden 4,8

Krankheiten des Flieders von **Professor Dr. H. Klebahn.** Mit 45 Textabbildungen. Geheftet 4,2

Allgemeine Abstammungslehre. Zugleich eine gemeinverständliche Kritik des Darwinismus und des Lamarckismus von **Dr. Bernhard Dürken**, ordentl. Professor an der Universität Breslau. Mit 38 Textfiguren in 71 Einzeldarstellungen. Gebunden 4,2

Das vorliegende Buch gibt eine dem jetzigen Stande der Forschung entsprechende Darstellung des gesamten Abstammungsproblems und bringt gleichzeitig eine kritische Auseinandersetzung mit dem Darwinismus und dem Lamarckismus.

Einführung in die experimentelle Vererbungslehre von **Professor Dr. phil. et med. Erwin Baur.** Fünfte und sechste neubearbeitete Auflage. Mit 160 Textabbildungen und 8 farbigen Tafeln. Gebunden 12

Die wissenschaftlichen Grundlagen der Pflanzenzüchtung, ein Lehrbuch für Landwirte, Gärtner und Forstleute, von **Professor Dr. Erwin Baur.** Mit 6 Tafeln und 11 Textabbildungen. Gebunden 3

Die Bestimmung und Vererbung des Geschlechts nach neuen Versuchen mit höheren Pflanzen von **Professor Dr. C. Correns.** Mit 9 Textabbildungen. Geheftet 1,5

Mechanismus und Physiologie der Geschlechtsbestimmung von **Professor Dr. Richard Goldschmidt,** Mitglied des Kaiser-Wilhelm-Instituts für Biologie. Mit zahlreichen Abbildungen. Geheftet 9

Anleitung zur mikroskopischen Untersuchung von Pflanzenfasern von **Dr. G. Tobler-Wolff** und **Professor Dr. F. Tobler.** Mit 125 Textabbildungen. Gebunden 3,6

Die hier angegebenen Preisziffern sind die Grundzahlen, die mit der jeweils gültigen Schlüsselzahl — 1923: Ende Juni 8000 — multipliziert, die Verkaufspreise ergeben. Grundzahlen für gebundene Exemplare sind freibleibend. Für das Ausland erhöhen sich die Preise um den vorgeschriebenen Valutazuschlag.

Verlag von Gebrüder Borntraeger in Berlin
W 35 Schöneberger Ufer 12a

Sammlung Borntraeger

Unter dem Titel »Sammlung Borntraeger« soll eine

„Sammlung von Grundzügen und Grundlagen aus dem Gesamtgebiete der Naturwissenschaften"

geschaffen werden. Diese Sammlung bringt Abrisse, die bei aller Kürze streng wissenschaftlich gehalten und für Studierende wie für solche Kreise berechnet sind, die in gedrängter Form sich über ein bestimmtes Sondergebiet zu unterrichten wünschen. Maßgebend für die Schaffung einer solchen Sammlung sind für die Verlagsbuchhandlung in erster Linie auch die Nöte der Zeit. Denn es kann kein Zweifel darüber bestehen, daß eine gründliche wissenschaftliche Ausbildung der Studierenden ebenso wie das für den Beruf notwendige Schritthalten mit der Forschung bei den bereits in Amt und Würden stehenden Akademikern angesichts der enormen Teuerung auf die größten Schwierigkeiten stößt. Vor allem zwingen die gewaltigen Kosten des Hochschulstudiums den Jünger der Wissenschaft heute zu einer möglichst raschen Abschlußprüfung; er wird daher an Vorlesungen nur das hören, was er als allgemeine Grundlage seiner wissenschaftlichen Bildung unbedingt braucht. Eine notwendige Folge davon wird sein, daß mancher wichtige Wissenszweig vernachlässigt wird, der doch „als Grenzgebiet" oft die natürliche Brücke zwischen seinen Hauptstudienfächern bildet und als solche seine eigentliche wissenschaft-

liche Fachbildung zu ergänzen und überhaupt erst abzurunden berufen ist. Es liegt auf der Hand, daß sich auf diese Weise gerade beim Naturwissenschafter im Wissen leicht Lücken einstellen werden, deren Beseitigung unbedingt anzustreben ist.

Diesem Zwecke suchen die geplanten Bücher der vorstehenden Sammlung, die in einem Umfang von etwa 15 Druckbogen erscheinen werden, mit in erster Linie zu dienen. Ferner sind sie gewissermaßen als Repetitorien geeignet, altes Wissen neu zu befestigen, endlich wollen sie unter ausführlicher Nennung der wichtigsten Literatur die Kenntnisse des Naturwissenschafters vor allem erweitern und vertiefen, sowie neue Anregungen für Forschung und Beruf geben. Jedes einzelne Gebiet, das in einem Bande behandelt wird, ist in sich abgeschlossen, aber dennoch stehen alle Bände in innigem Zusammenhang untereinander. Selbstverständlich sucht die Sammlung ihre Aufgabe nicht in der Vorführung von unbewiesenen Hypothesen, sondern ihre Bände sollen einen klaren Überblick über die gefestigten Ergebnisse der Forschung nach ihrem neuesten Stande bieten. Bei dem mäßigen Umfange der einzelnen Bände, in denen hervorragende Fachmänner ihr Bestes bieten, wird auch besonderes Gewicht darauf gelegt, daß der Preis der Bücher für jeden Akademiker erschwinglich ist.

Zur Kenntnis der Pflanzenkrankheiten gehört in erster Linie die Kenntnis der Krankheitserscheinungen oder Symptome, die zusammen das Krankheitsbild ausmachen. Dieses kann sowohl gleichzeitig als auch in seinem Verlauf ganz verschiedene Symptome umfassen. So zeigt sich z. B. die Reblauskrankheit in den sogen. Reblausherden als eine Gruppe erkrankter Stöcke, die im Gelbwerden des Laubes und schließlich Vertrocknen und Absterben das Bild einer schweren, vom Mittelpunkt nach außen fortschreitenden Chlorose bieten. Dabei findet man im Boden als die Ursache der oberirdischen Erscheinungen ein Absterben der feineren Wurzeln und eine Wurzelfäule, die sich bei genauerem Zusehen als auf der Fäulnis der durch die Saugtätigkeit der Reblaus hervorgerufenen Gallen, der Nodositäten, beruhend herausstellt; gleichzeitig können an den Blättern noch die Blattgallen auftreten. Das Krankheitsbild ist also ein Symptomenkomplex, an welchem wir Haupt- und Nebensymptome, Anfangs- und Folgeerscheinungen unterscheiden müssen. Dabei können von einer Krankheit gleichzeitig verschiedene Organe einer Pflanze befallen sein, auch ohne daß die einzelnen Symptome gegenseitig beeinflußt sind, wie außer dem angeführten Beispiel auch die Kraut- und Knollenfäule der Kartoffel zeigt. Den Wechsel der Erscheinungen im Verlauf einer Krankheit sehen wir u. a. an den Welkekrankheiten, bei denen das Welken der Blätter nur das erste Anzeichen einer sich meist in anderen Teilen der Pflanze abspielenden Störung ist, welche erst später andere Symptome am Stengel oder an der Wurzel zeitigt. Es kommt also darauf an, die verschiedenen Krankheitssymptome in ihrem Zusammenhang und Verlauf zu verfolgen, um daraus das Krankheitsbild im Ganzen klarzustellen, aus dem sich die Ursachen und weiterhin die Bekämpfungsmöglichkeiten ergeben.

In der folgenden Übersicht sind die einzelnen Erscheinungen oder Symptome, in welchen sich die Krankheiten der Pflanzen äußern, zusammengestellt. Wir teilen sie ein in Welkeerscheinungen, Verfärbungen, Absterbeerscheinungen, Formveränderungen, Wunden und Ausscheidungen, wozu noch Krankheitserreger als Hauptsymptom von Krankheiten hinzukommen. Diese Krankheitserscheinungen beruhen teils im unzeitigen Eintritt physiologischer Vorgänge, die schon vom normalen Lebensgang der Pflanze her bekannt sind, teils in eigenartigen Reaktionen der Pflanze auf

In Vorbereitung befindliche Bände:

Baur, Grundl. d. Pflanzenzüchtung: liegt bereits vor
Boegehold, Grundz. d. geometr. Optik u. ihrer Anwendungen
Braun, Grundz. d. Veränderungen d. deutschen Landschaftsbildes
Dacqué, Grundl. d. Stratigraphie u. Palaeogeographie
Danzel, Grundz. d. allg. Völkerkunde m. bes. Berücks. völkerpsychologischer Gesichtspunkte
Diener, Die geologisch-palaeontologischen Grundl. d. Abstammungslehre
Dietrich, Grundr. d. Verkehrsgeographie
Dietrich, Grundr. d. Wirtschaftsgeographie
Drecker, Anwendung d. Astronomie in d. Zeitbestimmung u. in d. Astrologie
Eckert, Die natürlichen Grundl. d. Anthropogeographie
Erhard, Physiologie der Tiere
Fischer, Grundz. d. Stoffwechsel-Physiologie d. Pflanzen
Gothan, Grundz. d. Systematik u. Biologie d. fossilen Pflanzenwelt
Hagmeier, Grundz. d. Meeresbiologie
Hassert, Grundr. d. Städtegeographie
Hauschild, Grundr. d. Anthropologie
Hayek, Allgemeine Pflanzengeographie
Henning, Grundz. d. Psychologie
Hilzheimer, Grundz. d. Biologie u. Stammesgeschichte d. Haustiere
Kähler, Die Elektrizität d. Gewitter
Knopf, Grundr. d. Astronomie
Mangold, Grundz. d. allg. Physiologie
Mattfeld, Grundz. d. genetischen Pflanzengeographie
Morstatt, Einführung in d. Pflanzenpathologie: befindet sich im Druck
Passarge, Grundz. d. gesetzmäßigen Charakterentwickl. d. Völker u. i. Bedeutung für d. ges. Kulturleben
— Grundz. einer Landschaftskunde d. einzelnen Erdteile u. ihrer Staaten
Rensch, Grundz. d. wissenschaftl. Ornithologie
Rüsewald u. Schäfer, Grundl. einer allg. Siedelungskunde
Sarnetzky, Grundz. d. terrestrischen u. Luftphotogrammetrie
Schmitt, Grundz. d. Atomtheorie
Schröder, Die exakten Grundl. der occulten Phaenomene
Sokolowsky, Grundz. d. Tiergeographie (ökolog. Tiergeographie)
Volz, Grundz. d. physik. Erdkunde d. austral.-asiatischen Archipels
Wedemeyer, Grundz. d. Kartographie
Wegemann, Grundz. d. mathemat. Geographie
Weickmann, Grundz. d. theoret. Meteorologie
Weigold, Die Grundl. d. Vogelzuges
Würschmidt, Grundz. d. Geophysik

Weitere Bände befinden sich in Vorbereitung.